SUSTENTABILIDADE MEIO AMBIENTE E RESPONSABILIDADE SOCIAL

ARTIGOS SELECIONADOS

(Organizador)
José Henrique Porto Silveira

Editora Poisson

VOLUME 1

José Henrique Porto Silveira
(Organizador)

Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social:

Artigos Selecionados

Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2023

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Msc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964
Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social: Artigos Selecionados/ Organização: José Henrique Porto Silveira - Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2023

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-332-4
DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Meio ambiente 2. Sustentabilidade. 3. Responsabilidade Social I. SILVEIRA, José Henrique Porto II. Título

CDD-333.72

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Educação ambiental como pressuposto para a cultura do consumo consciente e sustentável 06

Ana Lara Mick Benedetti Rodrigues, Domingos Benedetti Rodrigues

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.01

Capítulo 2: Os desafios da educação ambiental para os professores do ensino infantil no município de Parauapebas - Pará..... 15

Ather Barbosa Figueiredo, João Luiz Sousa Cardoso, Jordana Cristine Dionízio da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.02

Capítulo 3: Urbanização e impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo no município de Patos/PB 25

Vinicius da Silva Vieira, José Henrique Maciel de Queiroz, Denize Monteiro dos Anjos, Milena Oliveira Nery de Barros

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.03

Capítulo 4: Economia criativa: o distrito Criativo Centro-Gare/Santa Maria/RS na perspectiva da inclusão social 41

Fabiana da Costa Pereira, Fabrise de Oliveira Müller, Liciane Brun

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.04

Capítulo 5: Qualidade da água para consumo humano: regressão logística múltipla para previsão da ausência e presença de *Escherichia coli* 51

Cícero Fellipe Diniz de Santana, Walker Gomes Albuquerque, Fernanda Pereira de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.05

Capítulo 6: Avaliação da qualidade da água captada do Rio Colônia, Itororo-BA..... 59

Aline Cândida dos Santos, Edmilson Dutra Amorim, Ramon Barros de Oliveira, Flávia Mariani Barros, Fabiany Cruz Gonzaga, Alexilda Oliveira de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Caracterização física de cursos d´água em uma microbacia no município de Rio Fortuna/SC, segundo a classificação hierárquica fluvial proposta por Strahler (1952) 73

Guilherme Semprebom Meller, Clóvis Norberto Savi, Rinaldo Betcher Neto

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.07

Capítulo 8: Ocorrências de eventos climáticos extremos em populações ribeirinhas: bases para uma gestão integrada de risco no Amazonas..... 94

Danielle Ivana Pereira dos Santos, Francimara Souza da Costa, Marcos André Braz Vaz, Marcos Ruben de Almeida Caldas, Antônio José Leal Nina Roldão

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.08

Capítulo 9: Caracterização geológica-hidrogeológica das altas bacias hidrográficas dos ribeirões Santo Antônio e Santa Marta como subsídio a avaliação da disponibilidade hídrica superficial..... 110

Derick Martins Borges de Moura, Ivanilton José de Oliveira, Diego Tarley Ferreira Nascimento

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.09

Capítulo 10: Elaboração de bioadsorvente a partir de resíduo agroindustrial de café e sua aplicação no processo de remoção do corante reativo amarelo 130

Nydia Nayra Rocha do Nascimento, Anna Laura Mendonça da Trindade Silva, Tatiane Maria do Nascimento, Meiry Gláucia Freire Rodrigues

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.10

Capítulo 11: O envenenamento exógeno por agrotóxicos: panorama brasileiro 141

Rafael Rodrigo Ferreira de Lima, Inajá Francisco de Sousa, Antônio Heriberto de Castro Teixeira

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.11

Capítulo 12: Fungos endofíticos na agricultura..... 158

Magna Maria Macedo Nunes Costa

DOI: 10.36229/978-65-5866-332-4.CAP.12

Autores..... 172

Capítulo 1

Educação ambiental como pressuposto para a cultura do consumo consciente e sustentável

Ana Lara Mick Benedetti Rodrigues
Domingos Benedetti Rodrigues

Resumo: O estudo tem como objetivo geral compreender a educação ambiental formal e não formal como um pressuposto importante voltado a construção de uma cultura para o consumo consciente e sustentável no âmbito da sociedade. Justifica-se a escolha do tema em razão de que, nos dias atuais a economia de um modo geral, está centrada num sistema de produção das embalagens e produtos descartáveis, fator que leva o consumidor a produzir uma enorme quantidade de resíduos que poluem o meio ambiente. A metodologia a ser empregada na construção do texto é a bibliográfica e o método de pesquisa é o dedutivo. Portanto, acontecendo as políticas de educação ambiental previstas na legislação internacional e brasileira em todos os níveis escolares e nas organizações civis existentes no âmbito da sociedade brasileira, teremos as bases para uma cultura do consumo consciente e sustentável, envolvendo os setores econômicos da produção, industrialização, comercialização e consumo populacional.

Palavras-Chave: Educação ambiental, consumo, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo aborda sobre o desenvolvimento da educação ambiental formal e não formal prevista na legislação internacional e brasileira a ser desenvolvida em todos os níveis de educação no Brasil, nas organizações sociais e empresariais, como sendo um caminho para criação de uma cultura de produção, industrialização, comercialização e consumo consciente e sustentável. Importa saber se educação ambiental formal e não formal pode se constituir num pressuposto para a cultura do consumo consciente e sustentável? A hipótese provável é de que a educação ambiental se constitui sim, num pressuposto para a cultura do consumo consciente e sustentável.

A metodologia a ser empregada na construção do texto é a bibliográfica, que consta na legislação internacional e brasileira sobre a educação ambiental, literaturas a respeito do tema, assuntos extraídos de sites oficiais e livros individuais e de múltiplos autores. O método de pesquisa a ser empregado é o dedutivo, que consta das premissas de ordem geral, para as de ordem particular.

Para o desenvolvimento do trabalho, optou-se em estruturar o texto em três tópicos. O primeiro versa sobre a fundamentação jurídica internacional e brasileira da educação ambiental; o segundo menciona algumas considerações a respeito do consumo consciente e sustentável e, por último, a abordagem versa sobre a educação ambiental formal e não formal e as suas contribuições para o consumo consciente e sustentável.

Então, durante o desenvolvimento da pesquisa, espera-se construir um texto com argumentação e fundamentação bibliográfica, que venha responder a problemática advinda da escolha deste tema.

2. FUNDAMENTOS JURÍDICOS INTERNACIONAL E BRASILEIROS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A Conferência de Estocolmo ocorrida em 1972 na Suécia, foi um dos primeiros eventos globais organizado pela ONU (Organização das Nações Unidas), cujos objetivos foram discutir as questões ambientais mundiais, como as mudanças climáticas, redução dos desastres naturais, desenvolvimento sustentável, entre outros. Após os debates, foi elaborado um documento intitulado Declaração de Estocolmo Sobre Meio Ambiente Humano, que agrupou 26 princípios voltados à preservação e redução dos impactos sobre o meio ambiente.

A Conferência foi um marco mundial, pois deu início à conscientização sobre a preservação ambiental. Mazzuoli (2008, p. 1083) destaca o conteúdo dessa Declaração a respeito do compromisso dos povos em relação a educação ambiental:

> É indispensável um trabalho de educação em questões ambientais, visando tanto às gerações jovens como os adultos, dispensando a devida atenção ao setor das populações menos privilegiadas, para assentar as bases de uma opinião pública, bem informada e uma conduta responsável dos indivíduos, das empresas e das comunidades, inspirada no sentido de uma reponsabilidade, relativamente à proteção e melhoramento do meio ambiente, em toda sua dimensão humana. (Princípio 19 – Declaração de Estocolmo sobre Meio Ambiente Humano de 1972).

Como forma de regulamento da Conferência de Estocolmo, foi produzida a Conferência Intergovernamental de Tbilisi em 1977 na Capital da Georgia, que instaurou as bases, princípios e finalidades da educação ambiental a serem adotadas pelos Governos em seus Estados. Dias (2014, p. 109 - 110) menciona as finalidades, onde são destacadas algumas das mais importantes para o presente trabalho, que são:

> Promover a compreensão da existência e da importância da interdependência econômica, social, política e ecológica. Proporcionar a todas as pessoas a possibilidade de adquirir os conhecimentos, o sentido dos valores, o interesse e as atitudes necessárias para protegerem e melhorarem o meio ambiente. Induzir novas formas de conduta, nos indivíduos e na sociedade a respeito do meio ambiente.

Avançando para a legislação brasileira a respeito do tema, a Constituição Brasileira de 1988 regulamentou a obrigatoriedade da educação ambiental formal em todos os níveis de ensino, iniciando pelo infantil, fundamental, médio, técnico profissionalizante e superior. Da mesma forma, a educação ambiental não formal em todas as organizações sociais e empresariais. Este conteúdo jurídico encontra-se no artigo 225 parágrafo primeiro, inciso VI, ou seja: "Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente" (BRASIL, 1988).

Por sua vez, a Lei Federal nº 9.795 de 1999 regulamenta o artigo 225 da Constituição Federal antes comentado, estabelecendo o conceito de educação ambiental, que se constitui nos "[...] processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade" (BRASIL, 1999).

A Lei 9.795/1999 em seu artigo 9° conceitua a educação ambiental no ensino formal, como sendo a "[...] a educação ambiental na educação escolar desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas [...]." A mesma norma em seu artigo 13 regulamenta a educação ambiental não formal, como sendo "[...] as ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente" (BRASIL, 1999).

Segundo Dias (2014, p. 105) a "[...] educação ambiental deve dirigir-se a pessoas de todas as idades, todos os níveis, na educação formal e não formal. Os meios de comunicação social têm a grade responsabilidade de pôr seus enormes recursos a serviço dessa missão educativa."

A Lei antes citada estabelece a política nacional de educação ambiental, que deverá ser implementada pelo Governo Federal em toda sua rede de escolas, regulamentada pelos Governos Estaduais, Municipais e do Distrito Federal para as suas respectivas escolas. O seu artigo 7° estabelece que:

> A Política Nacional de Educação Ambiental envolve em sua esfera de ação além dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama, instituições educacionais públicas e privadas do sistema de ensino, os órgãos públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, e organizações não governamentais com atuação em educação ambiental (BRASIL, 1999).

Porém, o artigo 8° da mesma norma estabelece que a Educação Ambiental deve ser desenvolvida na educação em geral por intermédio das seguintes linhas de atuação, que são: "I- capacitação de recursos humanos; II- desenvolvimento de estudos, pesquisas e experimentações; III- produção e divulgação de material educativo; IV- acompanhamento e avaliação" (BRASIL, 1999).

Sendo assim, entendeu-se como necessário o destaque e aspectos importantes da legislação internacional e brasileira a respeito dos princípios, objetivos, diretrizes da educação ambiental, para que os governos dos Estados Nacionais, dentre eles o Brasil, e as organizações não governamentais possam planejar, executar e desenvolver as suas políticas públicas ambientais, como por exemplo, aquelas de educação ambiental, no caso deste trabalho, como pressuposto para o consumo consciente e sustentável, assunto a ser desenvolvido na sequência da pesquisa.

3. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO CONSUMO CONSCIENTE E SUSTENTÁVEL

Durante o século XVIII, especialmente, ocorreu grande desenvolvimento das tecnologias que proporcionaram o surgimento das indústrias e a consolidação do capitalismo. Esse período denominado de Revolução Industrial possibilitou o aumento na produção em alta escala, fazendo com que a relação do ser humano com o consumo fosse transformada significativamente e, desde então, criou-se uma sociedade centrada no desejo desenfreado de vender e lucrar, surgindo consumidores alheios aos problemas ambientais decorrentes desse modelo de desenvolvimento.

Bauman (2008, p. 75) menciona que, "consumir, portanto, significa investir na afiliação social de si próprio, o que numa sociedade de consumidores, traduz-se em vendabilidade." Ainda, "a maioria das mercadorias oferecidas no mercado de consumo deve sua atração e seu poder de recrutar consumidores ávidos a seu valor de investimento [...]."

As consequências disso incidem diretamente sobre a qualidade do meio ambiente, pois com a crescente demanda de novos produtos e novos mercados, há uma intensa exploração dos recursos naturais, que se tornam cada vez mais escassos.

Além disso, a produção de lixo cresce exponencialmente, visto que os produtos se tornam obsoletos rapidamente, pois estão sendo programados para uma curta vida útil, induzindo aos consumidores adquirir constantemente novas mercadorias. Esse fator também implica na produção em massa e, para este processo aconteça, muitos gases poluentes como o CO, CO_2 e o NO_2 são emitidos na atmosfera, contribuindo para o agravamento do efeito estufa e consequentemente o aquecimento global.

No pensamento de Bauman (2008, p. 41) "[...] pode-se dizer que o consumismo é um tipo de arranjo social resultante da reciclagem de vontades, desejos e anseios humanos rotineiros, permanentes e, por assim dizer, neutros quanto ao regime, transformando-os na principal força propulsora e operativa da sociedade [...]." Ainda afirma que, o consumo "[...] é basicamente uma característica e uma ocupação dos seres humanos como indivíduos. O consumismo é um atributo da sociedade." Na mesma linha de pensamento Rodrigues (2014, p. 127) afirma que:

> O discurso desenvolvimentista introduziu a crença que a tecnologia moderna seria a única maneira de reduzir as desigualdades estabelecidas entre os países mais ricos e industrializados e os países pobres ou em fase

> de desenvolvimento. Essa transferência de tecnologia lhes causaria a dependência do modelo de desenvolvimento centrado na monocultura, produção de matéria prima voltada para a exportação e na apropriação indébita dos recursos naturais.

Segundo Costa (2014, p. 78) "[...] é de suma importância que tenhamos compreensão da evolução que nos fez passar de produtores de uma sociedade baseada no trabalho e consumidores de uma sociedade que só dá valor aqueles que podem consumir." Este autor (2014, p. 83) ainda esclarece:

> É nossa escolha seguir um comportamento padrão de consumismo, mas também estamos livres para escolher viver de forma diferente, estando conscientes que de forma diferente também seremos tratados. Soa um pouco egoísta tratar uma complexa sociedade de forma tão direta e prática, mas essa é a realidade. Somos aquilo que escolhemos ser. Consumir não é crime, mas pode sim virar uma doença.

Em relação a cultura do consumo Ruscheinsky (2012, p. 275) menciona a que, "[...] lógica da cultura do consumo existe uma confluência entre o emaranhado das novas tecnologias, a cultura pautada pelo individualismo, a geração continuada de riqueza concentrada e a depreciação dos bens ambientais." Ainda, "[...] a degradação ambiental, até certo ponto constitui uma consequência inevitável ou uma externalidade cujo ônus tende a ser transferido para toda a sociedade. O combate à cultura do desperdício por segmentos ambientalistas e ao consumo desigual na sociedade brasileira [...]", passa a ser um grande desafio a ser enfrentado pela educação ambiental formal e não formal. Nesta mesma linha de pensamento, Rodrigues (2022, p. 83) destaca:

> A educação para o consumo pressupõe levar em consideração vários aspectos. Dentre eles, o consumo que vem a produzir o mínimo de impactos ao meio ambiente, ou na melhor das hipóteses, que não promova danos ambientais. Importa saber que é uma tarefa da escola e do Professor trabalhar com programas articulados em nível de instituição escolar e possa representar uma repercussão em toda sua área de atuação. Não apenas com propostas isoladas de um Professor ou de um componente curricular.

No entendimento de Bauman (2008, p. 76) "[...] os membros da sociedade de consumidores são eles próprios mercadoria de consumo, e é a qualidade de ser uma mercadoria de consumo que os torna membros autênticos dessa sociedade. Continuar sendo uma mercadoria vendável é o mais poderoso motivo da preocupação do consumidor [...]."

Esta metodologia de produção e consumo em alta escala das sociedades modernas, cria uma permanente insatisfação ao consumidor. Ele adquire uma mercadoria, pensando ser motivo de felicidade, como por exemplo, a aquisição de um veículo novo. Mal está pagando as prestações do carro e surge um modelo diferente. Já é motivo para investir mais e adquirir o modelo do ano, fator que se repete a cada lançamento da indústria automobilística, alimentando assim, o descarte dos bens que ainda podem ter vida útil por um bom período de tempo.

Mas, alimentados pela ideia do consumo consciente e sustentável é necessário que o consumidor enfrente suas insatisfações. Para Bauman (2008, p. 31) "Entre as maneiras com que o consumidor enfrenta a insatisfação, a principal é descartar os objetos que a causam. A sociedade de consumidores desvaloriza a durabilidade, igualando o velho ao defasado, impróprio para continuar sendo utilizado e destinado à lata de lixo."

O consumo em escala elevada proporciona uma forma de pensamento e atuação do consumidor em sentir permanentemente a vontade e a necessidade de adquirir novas mercadorias, sem que as similares que estão em sua posse, tenham perdido a sua validade. A sociedade de consumidores está diante de uma lógica perversa estabelecida pelo capital. Trata-se de produzir em alta escala e consumir sem que as pessoas tenham real necessidade, pois o descarte é o resultado do consumo inconsciente que, paulatinamente deve ser substituído pela cultura do consumo consciente.

Então, a produção e o consumo consciente criam as condições de sustentabilidade do Planeta Terra e reestabelece a ligação entre o ser humano e a natureza, que se rompeu, especialmente, com a racionalidade produtiva da revolução industrial. Neste sentido, para Leff (2010, p. 62) "[...] é preciso diagnosticar os efeitos do processo de acumulação e as condições atuais de reprodução e expansão do capital, os impactos ambientais das práticas atuais de produção e consumo [...]", para formas de aproveitamentos sustentáveis do ambiente natural, urbano, cultural e do trabalho, sem que sejam esgotados pela produção em escalas permanentes e sem descanso. Este processo de transição da racionalidade produtiva e exploratória dos ambientes, cria as possibilidades para uma racionalidade ambiental, segundo este autor.

4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL FORMAL E NÃO FORMAL E SUAS CONTRIBUIÇÕES A CULTURA DO CONSUMO CONSCIENTE E SUSTENTÁVEL

Como anteriormente mencionado, a cultura do consumo acarreta sérias consequências para o meio ambiente. Atender todas as demandas de uma sociedade consumista produzirá danos irreversíveis aos recursos naturais no presente e futuro. Ao implantar políticas de educação ambiental formal em todos os níveis de ensino e educação ambiental não formal em todas as organizações sociais e empresariais, será possível crias as condições para uma sociedade consciente de seus impactos no meio ambiente e que, a partir disso os indivíduos passem a repensar suas escolhas, optando pela prática do consumo consciente e sustentável. De acordo com Leff (2011, p. 86):

> O conceito de ambiente implica, pois, além de um equilíbrio entre crescimento econômico e conservação da natureza, a possibilidade de mobilizar o potencial ecotecnológico, a criatividade cultural e participação social para construir formas diversas de um desenvolvimento sustentável, igualitário, descentralizado e autogestionário, capaz de satisfazer as necessidades básicas das populações, respeitando sua diversidade cultural e melhorando sua qualidade de vida.

No entendimento do mesmo autor (2011, p. 237) "[...] a educação converte-se num processo estratégico com o propósito de formar os valores, habilidades e capacidades para orientar a transição para a sustentabilidade."

Por sua vez, Giesta (2019, p. 208) afirma que a educação ambiental se constitui no "[...] desenvolvimento de hábitos, atitudes e conhecimentos que leve a uma mudança de posicionamento dos cidadãos no/ao ambiente natural [...]." "A proteção, preservação, conservação, recuperação ambiental vêm sendo defendidas como formas de amenizar danos os desequilíbrios provocados no ambiente."

Quando se pensa na ideia da cultura do consumo consciente e sustentável, não se pode atribuir todas as responsabilidades ao indivíduo consumidor. Ele também é resultado das influências do sistema de produção capitalista, que a partir da revolução industrial estruturou-se na lógica do domínio econômico e lucros incessantes sem a consideração dos limites estabelecidos pela própria natureza. Uma forma de enfrentamento desta lógica do capitalismo dominante, é a implementação das políticas de educação ambiental fundamentada no saber ambiental mencionado por Leff (2011). De acordo com Rodrigues (2022, p. 69):

> A educação ambiental fundada no saber ambiental e na concepção popular, vai muito além da conscientização das coletividades quanto a necessidade da preservação do equilíbrio do ambiente em que estamos inseridos, bem como uma educação para o consumo consciente. Ela desafia o estado e a sociedade conjuntamente, construírem políticas de enfrentamento aos problemas que assolam os ambientes em que vivemos, por decorrência, em grande parte, do sistema de produção, de comercialização e de consumo fundamentado no descarte.

Nesta linha de raciocínio, é importante ressaltar três importantes princípios básicos, que fundamentam a educação ambiental. Dias (2014, pp. 112-124) menciona:

> 1)Considerar o meio ambiente em sua totalidade, isto é, em seus aspectos naturais e criados pelo homem (político, social, econômico, científico, tecnológico, histórico-cultural, moral e estético). 2) Construir num processo contínuo e permanente, através de todas as fases do ensino formal e não formal. 3) Ajudar a descobrir os sintomas e as causas reais dos problemas ambientais e, em consequência, a necessidade de desenvolver o senso crítico e as habilidades necessárias para desenvolver tais problemas.

Considerando os princípios aqui mencionados pelo autor em estudo, o meio ambiente deve ser considerado nas suas múltiplas dimensões holísticas e não de forma fragmentada, quando as pessoas vão promover qualquer obra ou atividade, a fim de tomar as medidas de prevenção e precaução quanto aos possíveis danos. A educação ambiental a ser realizada na escola e no âmbito das organizações sociais, deve ser constituída de políticas permanentes e não apenas em atividades eventuais comemorativas. Ela deve proporcionar o conhecimento das reais causas dos desequilíbrios ambientais, quem são os poluidores e porque o Estado não consegue responsabilizar com eficiência os responsáveis pela a ação destruidora dos ambientes.

Para Camargo e Velho (2012, p. 16) a educação ambiental "[...] assume importância estratégica no processo dialético entre Estado e sociedade civil, na construção de políticas públicas, na promoção da participação popular, na democratização das decisões, na autonomia aos grupos sociais e na socialização de informações e conhecimentos por meio da troca de saberes."

Para os mesmos autores (2012, p. 17) "[...] será necessária à promoção de uma revolução tanto científica quanto política, para traçarmos os caminhos que nos conduzirão ao tão almejado consumo sustentável. Essa revolução deverá ser pautada numa nova ética, fundamentada na responsabilidade e na solidariedade com o futuro." Assim, a educação ambiental possui um viés voltado a formação profissional do ponto de vista científico e técnico, para formar um rol de recursos humanos capacitados para atuar profissionalmente na consultoria e assessoria às práticas preventivas e restaurativas em demandas ambientais.

Importa ressaltar que, a educação ambiental traz contribuições significativas a favor da cultura do consumo consciente e sustentável. Segundo a Lei 9.795 de 1999 em seu artigo 10° "[...] a educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades de ensino formal." O parágrafo 1° menciona que, "[...] a educação ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino" (BRASIL, 1999), pois ela é considerada um conteúdo transversal que deve ser trabalhado em todas as disciplinas dos currículos escolares, e não de forma fragmentada num só componente curricular.

Da mesma forma, a educação ambiental não formal, de acordo com o artigo 13°, inciso III desta Lei menciona "[...] a participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental em parceria com a escola, a universidade e as organizações não governamentais [...]", contribui decisivamente na educação da sociedade como um todo com vistas à preservação e recuperação ambiental. Sendo assim, a legislação brasileira que regulamenta a educação ambiental formal e não formal cria as condições necessárias para o planejamento e a execução de políticas ambientais favoráveis à cultura do consumo consciente e sustentável em todo o país.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir o estudo, pode-se afirmar que, segundo a legislação internacional e nacional brasileira, a educação ambiental formal deve acontecer em todos os níveis de ensino das redes municipais, estaduais, distritais e federais de escolas, ou seja, desde o ensino infantil até os cursos de pós-graduação. Da mesma forma, a educação não formal deve acontecer no âmbito das organizações sociais e empresariais de todo o Brasil, independentemente do ramo que atuam. Neste sentido, entende-se que ela será um caminho para construção de uma forma de pensamento e atitudes voltadas à cultura do consumo consciente, envolvendo os setores da produção, da industrialização, do comércio e da prestação de serviços, visando o desenvolvimento sustentável.

Rodrigues (2017, p. 209) afirma que a "[...] educação ambiental será um caminho para a promoção do conhecimento e de valores necessários para que o indivíduo possa construir uma conduta ética nas relações com o meio ambiente", proporcionando as condições necessárias para a construção paulatina da cultura do consumo consciente e sustentável, fator que leva a promoção do equilíbrio ambiental e a recuperação de danos provocados pelo sistema capitalista de produção em alta escala e consumo muitas vezes desnecessários.

Portanto, a educação ambiental se constitui, sim, num pressuposto para a cultura do consumo consciente e sustentável. Certamente não será apenas a formação de cidadãos dotados de consciência ambiental, que vão ter compaixão pela natureza e restaurar os passivos ambientais provocados, especialmente pelas gerações passadas e atual, que teve

a grande preocupação de produzir e consumir sem levar em consideração os limites de suportabilidade dos ambientes. Acontecendo as políticas de educação ambiental previstas na legislação internacional e brasileira em todos os níveis escolares e nas organizações civis existentes no âmbito da sociedade brasileira, teremos as bases para uma cultura do consumo consciente e sustentável, envolvendo os setores econômicos da produção, industrialização, comercialização e consumo populacional.

REFERÊNCIAS

[1] BAUMAN, Zygmunt. **Vida para Consumo**. A transformação das pessoas em mercadoria. Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
[2] BRASIL, Lei n° 9.795 de 27 de abril de 1999. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm > Acessado em 26/12/2022.
[3] BRASIL, Constituição da República Federativa do. <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acessado em 26/12/2022.
[4] CAMARGO, Janielly Carvalho; VELHO, Luiz Felipe Machado. **Reflexões sobre o consumo sustentável**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação ambiental – FURG-RS. v.29, julho a dezembro de 2012.
[5] COSTA, Ademar Antunes da. Educando Para o Consumo. IN Bianca Tams Diehl; Marli Marlene Moraes da Costa; Ricardo Hermany (Org.). **Educação Para o Consumo**. Curitiba: Multideia, 2014.
[6] DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental** - Princípios e Práticas. 9. ed. Edição Revista e Ampliada. São Paulo: Editora Gaia, 2014.
[7] GIESTA, Nágila Caporlíngua. Histórias em quadrinhos - recursos da educação ambiental formal e informal. IN Aloisio Ruscheinsky (Org.). **Educação Ambiental** - Abordagens Múltiplas. 2. ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Penso, 2012.
[8] LEFF, Henrique. **Saber Ambiental**. Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder. Tradução de Lúcia Mathilde Endlic Orth. 8. ed. Petrópolis - RJ: Vozes, 2011.
[9] LEFF, Henrique. **Epistemologia Ambiental**. Tradução de Sandra Valenzuela. 5.ed. São Paulo, Cortez Editora, 2010.
[10] MAZZUOLI, Valerio de Oliveira. **Coletânea de Direito Internacional - Constituição Federal** (Org.). 6.ed. Revista, ampliada e atualizada. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2008.
[11] RODRIGUES, Domingos Benedetti. **Estado de Direito do Ambiente, Educação Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável do Meio Rural**. 2.ed. Revista e Ampliada. Cruz Alta - RS: Editora Ilustração, 2022.
[12] RODRIGUES, Domingos Benedetti. **Educação Ambiental, Republicanismo e o Paradigma do Estado de Direito do Ambiente.** Santa Maria: Editora e Gráfica Caxias, 2017.
[13] RODRIGUES, Domingos Benedetti. Saber Ambiental Como Pressuposto Para a Educação Ambiental. IN Bianca Tams Diehl; Marli Marlene Moraes da Costa; Ricardo Hermany (Org.). **Educação Para o Consumo**. Curitiba: Multideia, 2014.
[14] RUSCHEINSKY, Aloisio. Paradigma da cultura do consume novas linguagens decorrentes e implicações para o campo da educação ambiental. IN Aloisio Ruscheinsky (Org.). **Educação Ambiental** - Abordagens Múltiplas. 2. ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Penso, 2012.

Capítulo 2

Os desafios da educação ambiental para os professores do ensino infantil no município de Parauapebas - Pará

Ather Barbosa Figueiredo
João Luiz Sousa Cardoso
Jordana Cristine Dionízio da Silva

Resumo: O artigo é o resultado de uma pesquisa que tem como objetivo compreender a percepção dos docentes da educação Infantil do município de Parauapebas-PA a respeito da Educação Ambiental (EA), a Caracterização dos 21 participantes da pesquisa evidenciou um recorte com predomínio de respondentes do sexo feminino (95,2%), pertencentes ao quadro funcional da EMEI Leide Maria Torres, professores com média de idade de 39,8 anos, com tempo de função de 1 a 3 anos que considera razoável (42,8%) a abordagem da Educação Ambiental na formação continuada e que refere que apesar de haver projetos de EA na escola não participam (66,7%), porém os mesmos já fizeram uso da EA em sala de aula (85,7%), também referiram ser muito importante o uso da Horta da Escola para ajudar na EA e na qualidade nutricional da merenda apesar de (52,4%) referir não existir horta em sua escola. O estudo evidenciou que apesar da boa vontade e esforços da comunidade escolar em torno da temática da Educação Ambiental, muito ainda há que ser ajustado no município, como uma maior inserção do tema na formação continuada e principalmente mais incentivo no desenvolvimento de projetos que viabilizem as atividades como o desenvolvimento de hortas escolares.

Palavras-chave: educação ambiental, educação infantil, horta escolar, formação continuada.

1. INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental (EA) enquanto prática social, que promova emancipação humana discutida na Educação Infantil (EI) torna-se um desafio cada vez mais presente e necessário, principalmente em localidades onde a degradação do meio ambiente é muito frequente por conta da exploração mineral abundante, é necessário se conscientizar as crianças cada vez mais cedo para que adotem medidas de preservação e conservação dos meios naturais evitando assim o colapso total dos recursos naturais.

Existem diversas diretrizes que podem ser adotadas como norteadoras para desenvolvermos atividades de EA nas escolas de Educação Infantil. A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) sob a Lei 9795/99 (Brasil, 1999) demonstra os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

No ano de 1999, a Política Nacional de Educação Ambiental efetivou a preocupação com a inserção da mesma nas escolas. No entanto, apenas com as Diretrizes Curriculares Nacionais é que se estabeleceu a obrigatoriedade do tema em todos os níveis de ensino de maneira interdisciplinar (Brasil, 2012). Essas atividades devem estar no conjunto de práticas pedagógicas que devem ser proporcionadas aos pequenos, entrelaçadas aos saberes sistematizados pela sociedade e aos saberes que trazem consigo visando o pleno desenvolvimento delas (Souza, 2021). Portanto o desafio presente é fomentar o desenvolvimento de projetos de ambientais nas escolas de EI que envolvam cada vez mais a comunidade escolar, desde a promulgação da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), a escola e a Educação Ambiental ganham centralidade na constituição da consciência ambiental no Brasil. Assim, é papel da instituição escolar promover atividades e fomentar valores que visem educar para a sustentabilidade (Schú et al., 2021).

Em especial, deve-se planejar de forma que a EA esteja presente na formação continuada dos profissionais da EI que é oferecida pela gestão municipal, para que esses profissionais tenham subsídios para desenvolver projetos e práticas referentes a temática. E essas características necessitam ser discutidas e repensadas, tendo em vista que os/as professores/as tenderão a apresentar discussões em suas práticas docentes advindas da sua formação inicial, ficando relegado, assim, aos/às próprios/as professores/as se dedicarem a buscar os conhecimentos e saberes necessários à prática educativa ambiental de forma autônoma ou através de formação complementar (Lopes e Abílio, 2021).

Pensar a Educação Ambiental como uma prática que ultrapassa o caráter instrumental de finalidade de mudança comportamental e adentra a concepção de emancipação humana, requer compreendê-la como uma prática social, baseada em uma ontologia que reconhece o ser humano como um ser social (Lukacs, 2018).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. EDUCAÇÃO INFANTIL

A Educação Infantil é um daqueles assuntos que têm raízes históricas bem profundas. Lascarides e Blythe (2000 apud Fonseca et al., 2019) afirmam que em “sociedades da Antiguidade, como Grécia e Roma, a temática era um importante aspecto sociopolítico, pois, como a família era a unidade primária na organização social e econômica desses povos”, tendo o cuidado do ensino nos primeiros anos de vida da criança.

Segundo Zabalza (1998 apud Fonseca et al., 2019), a escola infantil, além dos desafios comuns a todo o sistema educativo, apresenta outros específicos de sua área, como reforçar a própria identidade e a autonomia formativa. Nesse contexto, é evidenciado que estimular práticas que ultrapassam os limites de sala de aula possam contribuir na formação social e ampliar os interesses nas áreas ambientais para crianças em educação infantil.

A educação infantil (EI) constitui a primeira etapa da educação básica e tem como principal objetivo formar os indivíduos em sua integralidade. Desse modo, defende-se que a educação ambiental (EA) é parte dessa caminhada e pode contribuir categoricamente para essa formação (Rodrigues e Saheb, 2018). E é nesse sentido que percebemos que diversos meios podem ser utilizados para a formação em EA, dentre elas podemos citar a horta escolar, que serve muitas vezes inclusive para que a criança tenha o contato direto com o meio ambiente e conheça a importância desses nutrientes para seu desenvolvimento.

2.2. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Rodrigues (2011) diz que "o conceito de educação ambiental surge, em meados dos anos sessenta, em meio à crescente capacidade de exploração dos recursos naturais, ao avanço do conhecimento científico e à ampliação do movimento ambientalista". Como consequência desse avanço das discussões dos temas ambientais, acabaram impulsionando uma onda global de movimentações, como congressos, encontros e demais atividades, visando fomentar a ampliação das temáticas em âmbito global. Dessa forma, ao longo dos anos seguintes, muitos países implementaram em seus sistemas de educação, a temática ambiental para diferentes níveis de formação.

Schú et al. (2021) nos revela que o cultivo da terra pode proporcionar a sensibilização e o reconhecimento de que a humanidade é parte da "teia da vida". Assim, são restabelecidas as relações de cuidado e respeito com o meio e os seres que o integram, o que pode proporcionar momentos de educação integral processados nos âmbitos social, cultural, intelectual, cognitivo, físico, emocional, espiritual e simbólico.

Por meio do trabalho com as hortas escolares pode-se despertar a autonomia dos indivíduos, a alfabetização científica, estimular reflexões sobre a segurança alimentar, desenvolver habilidades artísticas, matemáticas, linguísticas etc. e ensinar uma profissão, além de que, a execução de hortas urbanas, aliada a ações de Educação Ambiental, pode exercer um papel fundamental para a comunidade do entorno da horta. Isso tudo facilita o entendimento dos indivíduos sobre o ambiente que habitam e contribuindo, também, para a valorização de uma alimentação saudável com a inclusão de hortaliças, o que permite que tais indivíduos e seus grupos sociais melhorem a qualidade de vida e tenham uma maior segurança alimentar (Cereali e Wiziack, 2021).

Grande parte das escolas e dos professores dispõem de poucos recursos para a aquisição de materiais que buscam somar nas orientações dentro da educação ambiental, tornando frágeis essas práticas pedagógicas nesse nível de ensino. O descaso com a formação do profissional em relação às questões ambientais muitas vezes culmina no desenvolvimento de projetos sem qualquer tipo de orientação ou deliberação governamental. O maior problema disso é que a maioria dos professores na educação infantil ainda trabalham com concepções tradicionais de educação ambiental, o que resulta em propostas de atividades realizadas de forma pontual e descomprometidas com toda a problemática envolvida na

ação (Rodrigues, 2011). Dessa forma desconsideram o ambiente e o espaço aos quais estão inseridos, prejudicando assim o desenvolvimento destes projetos, desqualificando a temática e colocando à prova as habilidades dos estudantes.

Portanto, é importante que seja inserida a temática da Educação Ambiental na formação continuada dos professores, uma vez que, no âmbito da EA para a EI, é necessário que essas formações sejam pensadas a partir da singularidade que é atuar nessa etapa, que requer algumas especificidades. Além disso, devem ter uma abordagem crítica, pois, mesmo que os professores não trabalhem nessa perspectiva com as crianças, precisam ser estimulados a desenvolver atividades que contribuam efetivamente para a formação delas, buscando incentivar a formação de cidadãos críticos, solidários, preocupados com o meio no qual estão inseridos e sensíveis às pessoas que compartilham esse meio com eles (Rodrigues e Saheb, 2019).

Segundo a Política Nacional de Educação Ambiental (Brasil, 2005) deve estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal, garantindo, assim, o direito de todos à educação ambiental a inserção dos conhecimentos concernentes à EA nos currículos da educação básica pode ocorrer pela transversalidade, mediante temas relacionados com o ambiente e a sustentabilidade socioambiental; bem como que professores devem receber formação complementar em suas áreas de atuação, com o propósito de atender de forma pertinente ao cumprimento dos princípios e objetivos da EA (Brasil, 2012).

2.3. FORMAÇÃO DE PROFESSORES

A formação do educador ambiental não se reduz à capacitação conferida pela graduação, cursos técnicos ou especialização, mas transcende os objetivos programáticos das formações técnicas, demandando a consolidação de uma identidade pessoal e profissional (Carvalho, 2005). É inegável a necessidade de se expandir a abordagem sobre a temática da EA na EI, porém deve-se fazer de forma sistemática e constante, pois ainda é grande o desafio de educar para a promoção da conscientização socioambiental, pois se trata de uma tarefa que se relaciona diretamente à percepção e à formação de um pensamento ecológico complexo, onde é necessário que o indivíduo se entenda participante, pertencente e corresponsável por tudo o que ocorre no mundo que o cerca (Ferreira, 2011; Jacobi, 2005).

Moretto et al. (2021) afirma que “várias dificuldades podem surgir quando queremos trabalhar de uma maneira interdisciplinar, muitos apontam como obstáculo à formação fragmentada, linear e descontextualizada dos profissionais que trabalham na educação”. Portanto, ensinar de maneira interdisciplinar é um desafio, primeiramente, por desconstruir o papel do professor transmissor do conteúdo, o professor deve ser reflexivo, colaborativo, atuar como mediador da troca de ideias e conhecimentos entre os alunos.

3. METODOLOGIA

O estudo apresentado neste artigo foi realizado com a comunidade escolar de 03 escolas de ensino infantil localizadas no município de Parauapebas - PA com base na análise transversal e quantitativa da participação em um questionário online na plataforma Google Forms. O público alvo da pesquisa envolveu gestores, equipe pedagógica e

professores das escolas públicas por meio de convites virtuais realizados em redes sociais na network dos pesquisadores.

O instrumento foi elaborado exclusivamente para esta pesquisa, sendo constituído de 15 questões, sendo sequenciadas da seguinte maneira:

Qual o seu gênero; Qual a sua idade; Em qual escola você trabalha; Qual a sua função na escola; Qual o tempo de exercício da função; Existe algum projeto de EA na sua escola; Você participa de algum projeto de EA; Você já teve alguma formação em EA; Você já aplicou EA em sala de aula; Para você qual a importância de EA na escola; Existe horta na sua escola; Você considera importante o uso da horta escolar para ajudar na EA e na qualidade nutricional da merenda; cite três atividades de EA que você adotaria em sala de aula; Como você classifica a abordagem do tema EA na formação continuada dos professores da Educação Infantil; Como você classifica o seu conhecimento sobre a temática da EA.

Então a pesquisa foi enviada aos membros da comunidade escolar das três escolas inseridas na pesquisa, onde os mesmos tiveram um prazo de duas semanas para responder ao questionário, findado o prazo os questionários respondidos foram tabulados para que se pudesse chegar ao resultado final. Para melhor definir os resultados a questão 5, qual o tempo de exercício na função, foi reclassificada em três subgrupos: de 1 a 3 anos; 4 a 10 anos e acima de 10 anos. E a questão 13, sobre as atividades que adotariam em sala de aula foram classificadas como nuvem de palavras e descritas aqui somente as mais citadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Caracterização dos 21 participantes da pesquisa evidenciou um recorte com predomínio de respondentes do sexo feminino (95,2%), pertencentes ao quadro funcional da EMEI Leide Maria Torres, professores com média de idade de 39,8 anos, com tempo de função de 1 a 3 anos que considera razoável (42,8%) a abordagem da Educação Ambiental na formação continuada e que refere que apesar de haver projetos de EA na escola não participam (66,7%), porém os mesmos já fizeram uso da EA em sala de aula (85,7%), também referiram ser muito importante o uso da Horta da Escola para ajudar na EA e na qualidade nutricional da merenda apesar de (52,4%) referir não existir horta em sua escola (Quadro 1).

Tabela 1 – Caracterização do público-alvo

Função		**EA na formação continuada**		**Participa de projetos de EA**	
Professor	52,40%	Razoável	42,80%	Sim	33,30%
Coordenador	19,10%	Ótima	19,10%	Não	66,70%
Auxiliar de classe	9,50%	Boa	14,30%	**Já aplicou EA na escola**	
Diretor	9,50%	Não é feita	14,30%	Sim	85,70%
Outros	9,50%	Péssima	9,50%	Não	14,30%
Gênero		**Existe projeto de EA**		**Existe horta na escola**	
Feminino	95,20%	Sim	52,40%	Sim	47,60%
Masculino	4,80%	Não	47,60%	Não	52,40%
Instituição		**Tempo de função (anos)**		**Importância da horta**	
EMEI Leide Maria Torres	47,60%	1 a 3	52,40%	Muito importante	95,20%
EMEI Jackson Souza	38,10%	4 a 10	38,10%	Importante	4,80%
EMEI Aurino dos Santos	14,30%	Acima de 10	9,50%		

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao analisarmos as respostas dos participantes da pesquisa verificamos que o resultado para as 15 perguntas organizadas no questionário virtual foi resumido da seguinte maneira: ao responder à questão 1 sobre gênero, a maioria 95,2% é do sexo feminino e 4,8% do sexo masculino. Algo também encontrado por Santos-Júnior e Fischer (2020) quando mostra em seu estudo a caracterização dos 239 participantes da pesquisa evidenciou um recorte com predomínio de respondentes do sexo feminino (79%). A questão 2, qual sua idade, obteve uma variação entre 27 e 52 anos com uma média de 39,8 anos, também corresponde a média encontrada por Santos-Júnior e Fischer (2020) cuja idade média é 39 anos, com menos de 67 anos.

A resposta para a questão 3, em que a escola trabalha, obteve um maior percentual de funcionários da EMEI Leide Maria Torres (47,6%), seguido pela EMEI Jackson Souza (38,1%) e pela EMEI Aurino dos Santos (14,3%). O fato de a pesquisa ter sido feita de forma remota influenciou na adesão dos respondentes das diferentes escolas. Quanto à questão 4, qual a sua função na escola, a maioria (52,4%) referiu ser professor, seguido de coordenador (19,1%) e auxiliar de classe, diretor e outros, todos com o mesmo percentual (9,5%). Resultado parecido do encontrado por Santos-Júnior e Fischer (2020), onde a maioria dos respondentes era pertencente à região metropolitana de Curitiba (43%) e professores (82%).

Na questão 5, qual o tempo de exercício da função, a maioria (52,4%) referiu ter de 1 a 3 anos na função, seguido de 4 a 10 anos (38,1%) e acima de 10 anos (9,5%). A questão 6, que inquiriu sobre a existência ou não de projetos de EA na escola onde o respondente trabalha, os resultados foram os seguintes: sim (52,4%) e não (47,6%), como evidenciado no estudo onde pouco mais da metade dos respondentes referiu existir projetos em suas escolas, há a necessidade de se ampliar o incentivo da criação de projetos de EA, resultados semelhantes aos encontrados por Filho e Farias (2020), onde as professoras argumentam que o dever de promover a EA não é só do governo ou de entidades poluidoras. Elas concordam que a escola tem um papel fundamental no desenvolvimento de ações em EA. O Poder Público deve "promover a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente" (Brasil, 1998, art. 225).

Já na questão 7 a pergunta era se você participa de algum projeto de EA e obteve os seguintes resultados: a maioria (66,7%) não participa de nenhum projeto e apenas (33,3%) referiram ter alguma participação em projetos de EA, o que deixa claro que apesar de haver projetos de EA em boa parte das escoas o engajamento dos respondentes ainda é pequeno em tais práticas. Resultado semelhante ao encontrado por Santos-Júnior e Fischer (2020), que ao fazer a análise dos questionários de sua pesquisa confirmou a hipótese de que os educadores do ensino básico apresentaram elevado envolvimento pessoal e profissional com as questões de EA. Contudo, embora as questões de pontuação tenham indicado uma média alta para a importância pessoal, profissional, afinidade e aplicação da EA em suas aulas, a caracterização dos participantes evidenciou que a maioria dos entrevistados não realizava no momento qualquer tipo de intervenção de EA, inclusive afirmando não haver projetos em suas instituições.

Quanto à questão 8, que questionava se o respondente já havia tido alguma formação em Educação Ambiental, a maioria (52,4%) referiu já ter tido algum tipo de formação sobre EA, enquanto que (47,6%) nunca teve nenhum tipo de formação a respeito do tema, resultados diferentes dos encontrados por Santos-Júnior e Fischer (2020), que diz que os entrevistados no geral afirmaram que a sua capacitação foi resultado de experiências empíricas, o que sugere formação superior e continuada ineficientes, e corroborado por Filho e Farias (2020) que fala que os professores envolvidos em seu estudo só conversam sobre EA se forem estimulados a fazê-lo. Entretanto, esse estímulo deve vir acompanhado pela disponibilização de espaços, de tempo e de materiais para oportunizar o debate entre os docentes e a construção de novos conhecimentos acerca da questão ambiental.

Porém ao responder à questão 9, você já aplicou a EA em sala de aula, a maioria (85,7%) referiu já ter aplicado o tema em sala de aula, seguido de (14,3%) que referiu nunca ter aplicado a temática em sala de aula, o que evidencia que apesar de os respondentes acharem que falta um maior incentivo para que a EA seja implantada com maior frequência, os mesmos, em um momento ou outro, já aplicaram a temática em sala de aula. Resultado também encontrado por Rodrigues e Saheb (2019) que afirma que a partir da observação realizada em três instituições, pode-se afirmar que, sim, a formação continuada influencia a prática pedagógica das professoras, se não por meio da reflexão, por meio da reprodução. Dito isso, acredita-se que é de extrema importância pensar que tipo de formação continuada se quer.

Na questão 10, para você qual a importância de projetos de EA na escola, ficou evidenciada que os respondentes têm ciência da importância de tais projetos, uma vez que, (100%) deles marcaram a resposta muito importante, fato corroborado por Rodrigues e Saheb (2019), onde seus respondentes acreditam que o espaço verde que algumas instituições de EI possuem, bem como espaço para a horta, é um facilitador para que a prática aconteça. Assim, esse contato com a natureza contribui para a formação do sujeito em diversos âmbitos, porém, não se pode deixar que se limite apenas ao contato com o meio natural. A inserção da EA na EI pode ser progressivamente ampliada Santos-Júnior e Fischer (2020), a questão 11, faz referência a existência ou não de uma horta na escola onde o respondente atua, e o resultado foi que (52,4%) referiu não haver uma horta na escola, enquanto que (47,6%) respondeu haver sim uma horta em sua escola.

Portanto fica evidenciada que deve haver por parte da gestão municipal um maior incentivo a adoção de hortas escolares, fato evidenciado também por Cereali e Wiziack (2021) que alertam para a necessidade de incentivo às hortas urbanas no intuito de consolidar a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN). Muitas hortas citadas nos trabalhos foram utilizadas em âmbito escolar, de forma conjunta com ações de

Educação Ambiental, de modo a auxiliar no currículo formal e na visão do aluno sobre o meio ambiente. A maior parte das hortas é incorporada a um conjunto de diversas disciplinas e de atividades escolares, seguindo a premissa de que a EA é um tema transversal de ensino e a horta não pode ser uma ferramenta isolada, isto é, sem relação com o refeitório e a cozinha (Waters, 1999). Tudo deve estar interligado a um currículo ecológico (Stone, 2006).

E apesar de como vimos no parágrafo anterior, não haver horta na maioria das escolas, ao responder à questão 12, você considera importante o uso da horta escolar para ajudar na EA e na qualidade nutricional da merenda, (95,2%) acredita ser muito importante o uso da horta seguido de (4,8%) que consideram importante o uso da mesma. O que deixa claro que os respondentes tem absoluta percepção da importância do uso da horta escolar na Educação Ambiental e até na melhoria da nutrição dos alunos, fato também corroborado por Schú et al. (2021), que repercute que a criação de hortas é uma proposta pedagógica comum no cotidiano das escolas. Contudo, vários estudos demonstram que pode ser reduzida a uma perspectiva produtivista que objetiva, essencialmente, os atos de plantar e colher para promoção da saúde humana.

O cultivo da terra pode proporcionar a sensibilização ambiental, o reconhecimento do valor intrínseco da natureza e promover a percepção de que a humanidade é parte da "teia da vida". Ao responder à questão 13, cite 3 atividades de EA que você adotaria em sua sala de aula, formou-se uma nuvem de palavras que representam atividades de educação ambiental onde podemos evidenciar aqui as citadas com maior frequência como: horta; reciclagem; plantação de árvores; preservar o meio ambiente; preservação da água; coleta seletiva e compostagem entre outros. Como podemos observar também em outros autores como Souza (2021) que em sua pesquisa faz sugestões de experiências que devem ser realizadas na área externa da sala de referência conduzindo os pequenos a "colher pedrinhas, galhos, frutos, folhas, flores" para que elas possam criar, recriar e explorar a natureza por meio das artes, levando-as a ter carinho e cuidado com a natureza.

Outra sugestão é levar as crianças à exploração do meio natural tais como brincadeiras com areia, ouvir sons da natureza, construção de hortas e coleta seletiva de lixo na escola. Ou até mesmo Schú et al. (2021), que demonstra que Jovens foram envolvidos em fazendas urbanas, hortas comunitárias e no mercado dos fazendeiros. Com isso, desenvolveram habilidades de gerenciamento de vendas de produtos, de cuidado e comunicação com outros jovens e com a comunidade em geral, assim como criaram consciência crítica da justiça no sistema alimentar, que diz respeito à noção do direito ao acesso a alimentos de qualidade, à segurança alimentar etc.

A questão 14 trata de como o respondente classifica a abordagem do tema EA na formação continuada do professor do ensino infantil, oferecido pela prefeitura municipal, e o resultado foi o seguinte: (42,8%) consideram razoável a abordagem, (19,1%) referiram ser ótima, (14,3%) considera boa, também (14,3%) referiram não ser feita a abordagem do tema na formação continuada enquanto que (9,5%) consideram péssima a abordagem do tema na formação continuada. Nota-se que a opinião dos respondentes a respeito da classificação da formação continuada oferecida sobre a temática é bastante diversa, pois houve referência sobre a formação não ser feita ou de forma considerada péssima, portanto há de se dialogar com os gestores dessa formação para que abordem de maneira mais consistente a temática da Educação Ambiental. Pois como nos mostra Schú et al. (2021), políticas públicas educacionais, que carecem de estímulos de programas cujo foco deveria ser realizar ações experimentais nas escolas, através de financiamento e editais, com o objetivo de estimular ações interdisciplinares e projetos de diferentes matérias,

garantindo, assim, práticas que atravessam os currículos e estimulam ações voltadas à ecologia profunda nos espaços escolares. Esses requisitos, na formação inicial de professores/as, contribuem para a inserção da Educação Ambiental crítica em indivíduos que serão essenciais à formação humana (Lopes e Abílio, 2021).

Pudemos perceber também, por meio da análise das entrevistas e das observações realizadas, que a prática das professoras no que diz respeito à temática ambiental é influenciada pela formação que essas realizam, e que buscam adaptar as atividades que vivenciam nos cursos para as crianças. Entendemos, assim, que a Formação Continuada pode contribuir para que haja uma mudança na prática das professoras, e que essa formação precisa ser pensada no intuito de provocar a reflexão nesses profissionais (Rodrigues e Saheb, 2019).

Por fim, e não menos importante, a questão 15 fez referência de como o respondente classifica o seu conhecimento sobre a temática da Educação Ambiental, e obtivemos os seguintes resultados: a maioria (61,9%) considera razoável seu conhecimento sobre o tema, enquanto que (38,1%) considera bom o seu conhecimento. É importante que o professor tenha essa classificação positiva sobre seu conhecimento sobre EA, pois como nos mostra Rodrigues e Saheb (2019), ao pensar a prática pedagógica do professor de EI em EA, visando a ser uma prática cotidiana, trabalhada de forma que contribua para que as crianças sintam-se pertencentes ao meio ambiente e sensibilize-as para que cuidem do ambiente, de modo que, mais tarde, questões mais amplas embasadas em uma perspectiva crítica sejam inseridas, é essencial pensar no tipo de formação que se quer e, para, além disso, qual profissional se deseja que forme as crianças.

5. CONCLUSÃO

Vinte anos passados desde a promulgação da PNEA, vemos que continuam sendo pertinentes pesquisas sobre a EA nas escolas, não somente pelo fato de essa lei permanecer vigente, mas por continuar sendo uma importante base normativa para a EA em espaços educativos escolares e não escolares (Filho e Farias, 2020). O estudo evidenciou que apesar da boa vontade e esforços da comunidade escolar em torno da temática da Educação Ambiental, muito ainda há que ser ajustado no município, como uma maior inserção do tema na formação continuada e principalmente mais incentivo no desenvolvimento de projetos que viabilizem as atividades como o desenvolvimento de hortas escolares, composteiras, utilização de água da chuva, etc.

O que se percebe é que há a necessidade de incentivo para o engajamento dos docentes aos projetos, pois na essência, o educador reproduz o senso comum que percebe o ambiente como um recurso que deve ser conscientemente gerenciado, tratando-se de uma herança biofísica coletiva, que sustenta a qualidade de vida dos seres humanos.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. **Constituição** (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 1988.

[2] BRASIL. Lei n 9.795, de 27 de abril de 1999, **dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República (Casa Civil), 1999.

[3] BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Conselho Nacional de Educação (CNE). Conselho Pleno (CP). Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012. E**stabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jun. 2012. Seção 1, p. 70.

[4] BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica** – DCN, 2012. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-novapdf&Itemid=30192. Acesso em: 28 jul. 2021.

[5] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Educação Ambiental** – ProNEA, 2005. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/pronea3.pdf. Acesso em: 28 jul. 2021.

[6] CARVALHO, I. C. M. **A invenção do sujeito ecológico: identidades e subjetividade na formação dos educadores ambientais**. In: SATO, Michéle; CARVALHO, Izabel (org.). **Educação ambiental; pesquisa e desafios.** Porto Alegre: Artmed, 2005.

[7] CEREALI, M.; WIZIACK, S. R. C. **Hortas em Espaços Urbanos como Ferramenta de Educação Ambiental, segurança Alimentar e Qualidade de Vida.** Revbea, São Paulo, v. 16, n. 3 p. 473-488,2021.

[8] FERREIRA, D. T. **Temas socioambientais: contribuições para o ensino de ciências naturais**. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

[9] FILHO, E. N. F; FARIAS, C. R. O. **Duas Décadas da Política Nacional de Educação ambiental: Percepções de Professores no Contexto de uma Escola Pública de Pernambuco**. Rev. Bras. Pedagog. V. 101, n. 258, p. 481-502, maio/ago, 2020.

[10] JACOBI, P. R. **Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 233-250, 2005.

[11] LOPES, T. S.; ABÍLIO, F. J. P. **Educação Ambiental Crítica: (re)pensar a Formação Inicial de Professores/**as. Revbea, São Paulo, v. 16, n. 3 p. 38-58, 2021.

[12] LUKACS, G. **Para uma ontologia do ser social**. 2. ed. São Paulo: Boitempo, 2018.

[13] RODRIGUES, D. G.; SAHEB, D. A **Educação Ambiental na Educação Infantil segundo os saberes de Morin.** Rev. Bras. Estud. Pedagog. Brasília, v. 99, n. 253, p. 573-588,2018.

[14] RODRIGUES, D. G.; SAHEB, D.; **A Formação Continuada do Professor de Educação Infantil em Educação Ambiental.** Ciénc. Educ.Bauru, v. 25, n. 4, p. 893-909,2019.

[15] SANTOS-JÚNIOR, R. J.; FISCHER, M. L.; **A vulnerabilidade do Professor diante dos Desafios da Educação Ambiental,** Cad. Pesqui. V 50, n. 178, p 1022-1040, out/dez 2020.

[16] SCHÚ, A.; PETRY, C.; DOURADO, I. P.; MEDEIROS, J. F.; MARTINEZ, J. **Educação e Ecologia Profunda: Reflexões sobre os Potenciais Pedagógicos da Horta Escolar**, Revbea, São Paulo, v. 16 n. 3 p. 79-100, 2021.

[17] SOUZA, A. M. **Educação Ambiental nos Documentos Norteadores da Educação Infantil em Manaus (AM).** Revbea, São Paulo, v. 16, n. 3 p. 316-329, 2021.

[18] STONE, M. K. **Sustentabilidade: um novo prato no cardápio do almoço**. In:

[19] STONE, M. K.; BARLOW, Z. (Org.) **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável.** São Paulo: Cultrix. 2006. p.263-275.

[20] WATERS, A. **Um mundo de possibilidades. In: CAPRA, F. et al. O pátio comestível da escola**. Califórnia: Centro para Ecoalfabetização, p. 11-18, 1999.

Capítulo 3

Urbanização e impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo no município de Patos/PB

Vinicius da Silva Vieira
José Henrique Maciel de Queiroz
Denize Monteiro dos Anjos
Milena Oliveira Nery de Barros

Resumo: Este estudo teve como objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo na cidade de Patos, Paraíba. Por meio de uma abordagem de pesquisa exploratória, foram investigados os instrumentos legais de ordenamento territorial do município e estudos anteriores sobre a influência do uso do solo em áreas semelhantes. A metodologia incluiu a realização de levantamento bibliográfico e análise de dados geoespaciais. Os resultados evidenciaram os desafios enfrentados pela região devido ao crescimento desordenado e descontrolado, resultando em impactos negativos no meio ambiente e na qualidade de vida das comunidades locais. A rápida urbanização e a falta de planejamento adequado comprometem a sustentabilidade urbana, causando alterações significativas nas características do solo. Diante disso, destaca-se a necessidade de adoção de medidas de planejamento urbano sustentável visando mitigar esses impactos e promover uma melhor qualidade de vida para a população. Recomenda-se o estabelecimento de políticas públicas eficientes, a integração de diferentes setores e a participação da comunidade para enfrentar os desafios ambientais e promover um desenvolvimento urbano mais sustentável em Patos.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo, impactos ambientais, urbanização.

1. INTRODUÇÃO

A industrialização trouxe transformações importantes para as cidades, como a concentração populacional, a urbanização e a formação de centros urbanos (GOMES & PINTO, 2020). No entanto, a falta de planejamento urbano adequado e o crescimento desordenado resultaram em problemas relacionados ao uso e ocupação do solo, impactando negativamente o meio ambiente e afetando a qualidade de vida das pessoas.

O uso e ocupação inadequados do solo nas áreas urbanas são questões de grande relevância quando se trata dos impactos ambientais negativos que afetam essas regiões. Bezerra *et al.* (2022) explicam que o crescimento desordenado e descontrolado das cidades brasileiras, combinado à falta de planejamento em relação à mobilidade urbana, tem causado danos significativos ao meio ambiente, comprometendo não só a qualidade de vida das comunidades locais, mas também a sustentabilidade das áreas urbanas.

No Brasil, a rápida ocupação do solo urbano resultou em diversos impactos ambientais, causando alterações significativas em suas características. Ainda no seu estudo, o autor afirma que durante a década de 1940, aproximadamente 70% da população residia em áreas rurais, mas houve uma inversão deste cenário nas décadas seguintes, especialmente entre os anos de 1960 e 1980. Nesse período, a falta de políticas para fixar a população no campo, a concentração de terras em atividades de monocultura e mecanização, o crescimento da industrialização com demanda por mão de obra, a ilusão de progresso e a busca por uma melhor qualidade de vida nas áreas urbanas foram as principais causas do processo do êxodo rural e consequentemente da urbanização (PERES, 2011).

Sob a ótica de Lucena (2014), os estudos revelaram que Patos, no sertão paraibano, vivenciou rápido crescimento urbano nas últimas décadas, resultado da urbanização acelerada ligada ao uso do solo. A presença de serviços variados, empregos na infraestrutura e conversão de áreas rurais para habitações e equipamentos urbanos impulsionaram tal expansão. Essas mudanças apontam a necessidade de ajustar a infraestrutura à população crescente e de planejar o uso do solo de maneira sustentável para evitar impactos negativos ao ambiente (LUCENA, 2014).

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo em Patos, Paraíba, além de discutir a efetividade dos instrumentos legais de ordenamento territorial, como o plano diretor e os planos de gestão ambiental do município. Patos foi escolhida como objeto de estudo devido à importância de compreender os desafios enfrentados por uma cidade de médio porte em relação à sua sustentabilidade ambiental.

Ao abordar essas questões específicas, busca-se contribuir para uma compreensão mais abrangente dos desafios enfrentados pelas áreas urbanas, oferecendo informações relevantes para o planejamento urbano e a implementação de medidas que promovam o desenvolvimento sustentável. Compreender os impactos ambientais resultantes do uso e ocupação do solo é fundamental para preservar os recursos naturais, melhorar a qualidade de vida das comunidades e promover cidades mais sustentáveis e resilientes às mudanças ambientais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. LEGISLAÇÃO FEDERAL

A formação das cidades, como ponderado por Bispo e Levino (2011), se dá pela necessidade inerente ao ser humano de se associar, se inter-relacionar e se organizar em torno do bem-estar comum. Entretanto, Santos (2021) explica que este processo de reorganização espacial se deu de maneira desordenada, devido à industrialização das capitais e ao êxodo rural.

O processo de crescimento e expansão das cidades brasileiras acumulou inúmeros problemas estruturais. O processo de migração em massa da população rural para as áreas urbanas gerou um rápido crescimento dos centros urbanos, o que provocou a problemática habitacional. Silva (2015) explica que as cidades brasileiras não estavam preparadas para um crescimento populacional tão rápido e acentuado, por isso, acumularam, a partir de então, problemas de todas as ordens, tornando cada vez mais desigual a distribuição dos recursos.

Na atualidade ainda é perceptível os danos infraestruturais não solucionados como apontado por Honda *et al.* (2015), o processo de urbanização brasileiro elevou ao mesmo tempo a demanda por moradia, por empregos e por serviços públicos nas cidades. A desigualdade nas condições de vida também se manifesta como desigualdade ambiental, pois essas populações que enfrentam dificuldades socioeconômicas tendem a se fixar em áreas de maior exposição a situações insalubres, como contaminação da água, do solo e do ar, bem como em regiões de preservação ambiental e áreas de risco (MONTEIRO & VERAS, 2017).

Sob essa conjuntura, Monteiro e Veras (2017) afirmam que os problemas gerados a partir da urbanização brasileira são resultantes da criação de espaços distantes dos centros urbanos, o que gerou o surgimento de termos como exclusão social, inclusão precária e segregação territorial. No contexto habitacional, pode-se entender que a exclusão social e a inclusão precária tornaram-se características marcantes no processo de urbanização, uma vez que a falta de alternativas habitacionais para as famílias com baixo poder aquisitivo levou à expansão das cidades em direção às áreas periféricas (SANTOS, 2021).

A partir do entendimento dos desafios gerados por uma falha de planejamento em torno do processo de expansão territorial das cidades, foi promulgada a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 denominada Estatuto da Cidade. A partir de então foram estabelecidas normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

As discussões em torno das questões ambientais tiveram início a partir da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelecida pela Lei nº 6.938. em 1981. Albuquerque *et al.* (2021) ressalta que a PNMA é um instrumento essencial no ordenamento territorial do Brasil, visando a manutenção do equilíbrio ambiental. Tendo em vista que a PNMA estabele-ce que os agentes utilizadores de recursos ambientais têm a responsabilidade de preservá-los, conservá-los e, quando necessário, revitalizá-los. Desta forma, é fundamental considerar a importância da gestão ambiental para promover a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais.

2.2. LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

No âmbito municipal, a Constituição Federal de 1988, em seu capítulo que trata da política urbana, confere ao município a responsabilidade pelas funções de controle, planejamento, gestão e desenvolvimento urbano. Nesse contexto, conforme estabelecido pela Lei Orgânica do Município de Patos, promulgada em 05 de abril de 1990, em seu Art. 10, são estabelecidas competências municipais, incluindo a responsabilidade de legislar sobre assuntos de interesse local. Dentre as atribuições do município, destaca-se: "promover o adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano".

Dessa forma, no município de Patos, está em vigor a Lei N° 3.503, de 06 de outubro de 2006, que estabelece o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município e estabelece outras medidas. Conforme o artigo 1° desta lei, o Plano Diretor tem com o objetivo principal de orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbanos e rurais, visando proporcionar melhores condições de vida para a população.

É estabelecido no Art. 17 da referida lei, os objetivos básicos em relação à política habitacional, entre eles destaca-se a função de restringir aglomerados populacionais a se instalarem em áreas de preservação ambiental, insalubres e perigosas ou destinadas à expansão econômica, industrial, turísticas e afins. Além disso, no Art. 19 da referida lei quanto a política ambiental, é objetivo do plano diretor compatibilizar a Política Ambiental com políticas setoriais, principalmente a de Uso e Ocupação do Solo Urbano.

Ao analisar as políticas ambientais presentes no código de obras do município, é possível identificar que o Art. 30, inciso XVIII, da Lei n° 3.503 tem como objetivo impedir a ocupação irregular das margens de rios, barragens e açudes. Essa medida visa garantir a preservação dessas áreas por meio de monitoramento, vigilância e comunicação com as associações de moradores dos bairros e das regiões ribeirinhas. Essa diretriz está alinhada com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação e das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Segundo essa lei, as APPs são consideradas áreas protegidas, independentemente de estarem cobertas por vegetação nativa ou não. Elas desempenham uma função ambiental importante, pois preservam os recursos hídricos, a paisagem, a biodiversidade, o solo, a estabilidade geológica e asseguram o bem-estar das populações humanas.

Essas medidas têm como objetivo garantir a conservação e o uso sustentável dessas áreas, evitando ocupações que possam comprometer a integridade dos ecossistemas e causar impactos negativos ao meio ambiente. Dessa forma, busca-se conciliar o desenvolvimento urbano com a proteção dos recursos naturais, promovendo a preservação dos ecossistemas e a qualidade de vida das comunidades envolvidas.

Diante das informações sobre ordenamento territorial e planos de gestão ambiental no Brasil e em Patos, há uma estrutura normativa visando o desenvolvimento urbano sustentável e a proteção ambiental. No entanto, é crucial implementar e fiscalizar essas leis e planos, envolvendo a sociedade civil e fortalecendo os órgãos de gestão ambiental, para alcançar os objetivos e harmonizar desenvolvimento urbano e preservação ambiental.

Entretanto, apesar das movimentações significativas almejando-se solucionar a problemática em torno das falhas de planejamento territorial, Bispo e Levino (2011) explicam que apenas o aumento progressivo da urbanização e de habitantes nas áreas

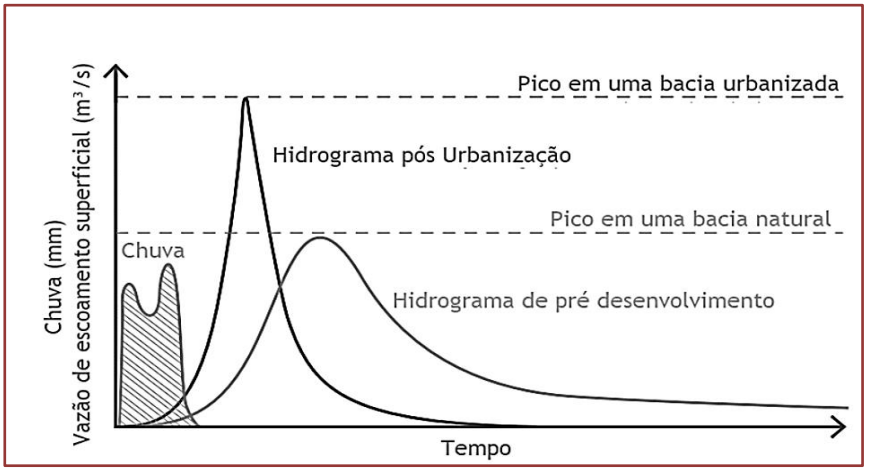
urbanas já são ferramentas capazes de contribuir fortemente com a degradação do meio ambiente. Tendo em vista que para o desenvolvimento de uma determinada localização é necessário mudanças ao meio ambiente, ao ser humano, a economia e a vida social, pois está ligado diretamente aos desmatamentos e ocupação de áreas naturais para a construção de infraestruturas urbanas e moradias.

Consequentemente são intensificados os impactos ambientais negativos, uma vez que novas áreas sofrem com o processo de impermeabilização do solo. Furtado *et al.* (2020) menciona que este processo resulta na redução da filtragem da água, aumentando o risco de enchentes e alagamentos, além de comprometer a recarga dos lençóis freáticos e a qualidade da água.

2.3. DESAFIOS E IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O MEIO AMBIENTE

O processo de crescimento e expansão das cidades brasileiras trouxe inúmeros problemas estruturais. Sob essa perspectiva, Brito (2020) explica que o padrão do desenvolvimento urbano é capaz de alterar diretamente o processo do ciclo hidrológico natural de uma bacia hidrográfica, iniciando-se desde a retirada da vegetação nativa, até a compactação e impermeabilização dos solos, o que aumenta significativamente o escoamento superficial com base nisso, Tucci (2008) explica que a redução da capacidade de infiltração do solo resulta em um desequilíbrio do balanço hídrico de uma bacia, causando o aumento das vazões máximas, observado na Figura 1, resultando em desastres ambientais como enchentes, inundações e alagamentos.

Figura 1 – Comparação entre os hidrogramas de pré-desenvolvimento e pós urbanização



Fonte: TUCCI, 2008 *apud* BRITO, 2020.

Desta forma, Tucci (2009) define enchentes como eventos em que há o transbordamento de um corpo d'água, ultrapassando sua capacidade de escoamento e inundando áreas adjacentes. Esses eventos podem ter consequências significativas, como danos materiais, perda de vidas humanas, destruição de infraestruturas e impactos ambientais negativos.

Ademais a impermeabilização do solo também contribui para o aumento da temperatura nas áreas urbanas, devido à redução da evapotranspiração e ao acúmulo de calor nas superfícies pavimentadas. Isso resulta no fenômeno conhecido como "ilha de calor", onde

as áreas urbanas apresentam temperaturas mais elevadas em relação às áreas rurais circundantes (FURTADO *et al.,* 2020). Ainda à luz dos autores, pode-se afirmar que essas alterações ambientais afetam diretamente a biodiversidade local, uma vez que a destruição e fragmentação de habitats naturais são agravadas, levando à perda de espécies e à diminuição da qualidade de vida para a fauna e flora.

Outra consequência significativa da urbanização é a exploração excessiva do solo, que além de trazer impactos ambientais negativos, como mencionado anteriormente, também está associada à alteração da paisagem e do relevo (CASTRO, 2017). No entanto, é importante ressaltar que o desenvolvimento de uma sociedade requer a produção de empreendimentos e moradias para atender às demandas da população. Essa necessidade de crescimento urbano acaba intensificando os danos ao meio ambiente, resultando na destruição das riquezas naturais, da paisagem e dos ecossistemas, além disso, a qualidade de vida das comunidades também pode ser prejudicada.

Segundo Fernandes (2019), a exploração do solo para fins urbanos envolve atividades como a remoção da vegetação natural, a compactação do solo, o desmatamento e a construção de infraestruturas. Essas ações podem levar à perda de habitats, à fragmentação de ecossistemas e à perda de biodiversidade. Além disso, a modificação do relevo natural pode resultar em problemas como o aumento da erosão do solo, a diminuição da infiltração de água e o aumento do escoamento superficial, contribuindo para a ocorrência de enchentes e degradação dos recursos hídricos.

A urbanização também desempenha um papel significativo na degradação dos corpos hídricos. O descarte inadequado de resíduos sólidos e efluentes industriais e domésticos também contribui para a poluição da água. A falta de sistemas de tratamento adequados e a má gestão dos resíduos resultam na contaminação dos recursos hídricos, afetando negativamente a vida aquática e a saúde humana (BRITO, 2020).

Além dos impactos na poluição da água, a urbanização também está intimamente ligada à poluição do ar. O aumento da atividade industrial, do tráfego de veículos e das emissões de gases poluentes são alguns dos principais fatores que contribuem para a degradação da qualidade do ar nas áreas urbanas (SILVA JUNIOR et al., 2020).

Para compreender os impactos ambientais resultantes dessas práticas, é necessário ir além dos aspectos naturais e das interações físicas, desta forma, a Tabela 1 fornece um resumo dos principais elementos relacionados ao uso e ocupação do solo urbano, oferecendo uma visão geral dos impactos ambientais envolvidos.

Tabela 1 – Principais impactos ambientais do uso e ocupação do solo em áreas urbanas

Fonte	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Fernandes (2019)	Remoção da cobertura vegetal e/ou camada superficial do solo devido à construção rápida e intensa.	Exposição do solo e degradação ambiental.
Fernandes (2019)	Alteração da paisagem e relevo.	Diminuição da biodiversidade, perda de habitat e interferência no ciclo hidrológico.
Alves e Medeiros (2016)	Assoreamento.	Alteração do regime hidrológico.
Peres (2011)	Impermeabilização do solo.	Enchentes.
Peres (2011)	Ocupação e degradação das APP 's (Áreas de Preservação Permanente).	Agravamento da poluição e contaminação dos corpos d'água.
Peres (2011)	Queimadas urbanas.	Poluição do ar.
Costa *et al.* (2023)	Despejo de esgoto doméstico e industrial no rio.	Contaminação da água, diminuição da qualidade da água, disseminação de doenças, mortandade de organismos aquáticos e comprometimento dos ecossistemas aquáticos.
Medeiros *et al.* (2021)	Inadequação da disposição final dos resíduos sólidos e descarte irregular em áreas não destinadas para este fim.	Poluição dos solos, das águas superficiais, prejuízos à biodiversidade, riscos à saúde pública e degradação da paisagem.
Araújo *et al.* (2010)	Desmatamento.	Erosão do solo, degradação da qualidade do solo, perda da biodiversidade.

Fonte: Os autores (2023).

Com o objetivo de fornecer uma visão abrangente dos principais impactos que afetam o solo urbano, foi conduzida uma revisão bibliográfica que englobou estudos relevantes sobre a relação entre o crescimento urbano e seus efeitos no meio ambiente local. Neste sentido, na Tabela 2 é apresentada uma síntese dos principais resultados encontrados, permitindo uma compreensão mais clara das implicações ambientais da expansão urbana em Patos.

Tabela 2 – Síntese dos resultados da revisão bibliográfica em torno dos impactos ambientais da urbanização no município de Patos

Fonte	Consideração	Impacto ambiental
Sousa (2018)	A pesquisa revela que a cidade sofre com ocupações inadequadas em áreas de planície de inundação do baixo curso do rio. Essas ocupações, embora localizadas em uma região com regime hídrico sazonal, podem gerar uma falsa sensação de segurança devido à ausência de cheias por períodos prolongados. Como resultado, a população acaba residindo nessas áreas, mesmo que sejam caracterizadas como insalubres.	Riscos de enchentes e inundações, decorrentes do processo de urbanização desordenada.
Costa *et al.* (2023)	Entre os impactos ambientais encontrados no curso do Rio Espinharas, no perímetro urbano da cidade de Patos-PB, destacam-se a construções e edificações nas margens do rio que cortam a cidade e o despejo de esgoto doméstico e industrial em um trecho urbano da cidade de Patos no rio espinharas.	Escassez de vegetação rasteira, desmatamento, focos de queimadas e construções irregulares às margens do rio. Além disso, o despejo direto de esgotos domésticos, industriais e hospitalares sem qualquer tipo de tratamento, levou à eutrofização do manancial, caracterizada pelo crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas na superfície da água.
Lucena (2014)	Um dos principais problemas ambientais encontrados no município possui relação com a localização de quatro conjuntos habitacionais, o Residencial Vista da Serra I e II, Novo Monte Castelo II e Hardman Cavalcanti, foram construídos próximos a áreas remanescentes do Rio Espinharas.	Erosão das margens, assoreamento, impermeabilização do solo, causando riscos de inundações e enchentes, degradação da paisagem e desequilíbrio ecológico. Além de adensamento excessivo, assentamento precário, risco de inundação, entre outros.
Alves e Medeiros (2016)	Constatou-se que são vários os problemas ambientais encontrados no Rio Espinharas, no perímetro urbano da cidade de Patos. Esses problemas estão associados, principalmente, ao descaso da população e ausência dos poderes públicos, tanto na fiscalização dos órgãos competentes como na realização de obras de infraestrutura.	A eliminação da mata nativa, eutrofização, assoreamento e a poluição (resíduos líquidos e sólidos).
Medeiros *et al.* (2021)	O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Patos apresenta um déficit significativo. Embora haja um serviço de coleta de resíduos, a disposição final dos resíduos coletados é inadequada, ocorrendo a prática de descarte a céu aberto. Foi constatado que os resíduos são descartados em terrenos baldios, canais de drenagem e nas margens do Rio Espinharas, revelando uma falta de consciência ambiental por parte da população.	Proliferação de micro e macrovetores, além disso, devido os resíduos serem queimados, geram uma grande quantidade de dióxido de carbono, causando um impacto significativo na atmosfera e na saúde da população do município, por exemplo, problemas respiratórios, em decorrência da elevada quantidade de dióxido de carbono e de fuligens presentes no ar.

Fonte: Os autores (2023).

Os resultados apresentados na Tabela 2 fornecem uma visão clara e abrangente dos impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo em áreas urbanas do município de Patos. Através da revisão bibliográfica, foi possível identificar uma série de aspectos ambientais afetados, com destaque para os riscos de enchentes e inundações, a disposição inadequada de resíduos e rejeitos e a ocupação irregular de áreas remanescentes.

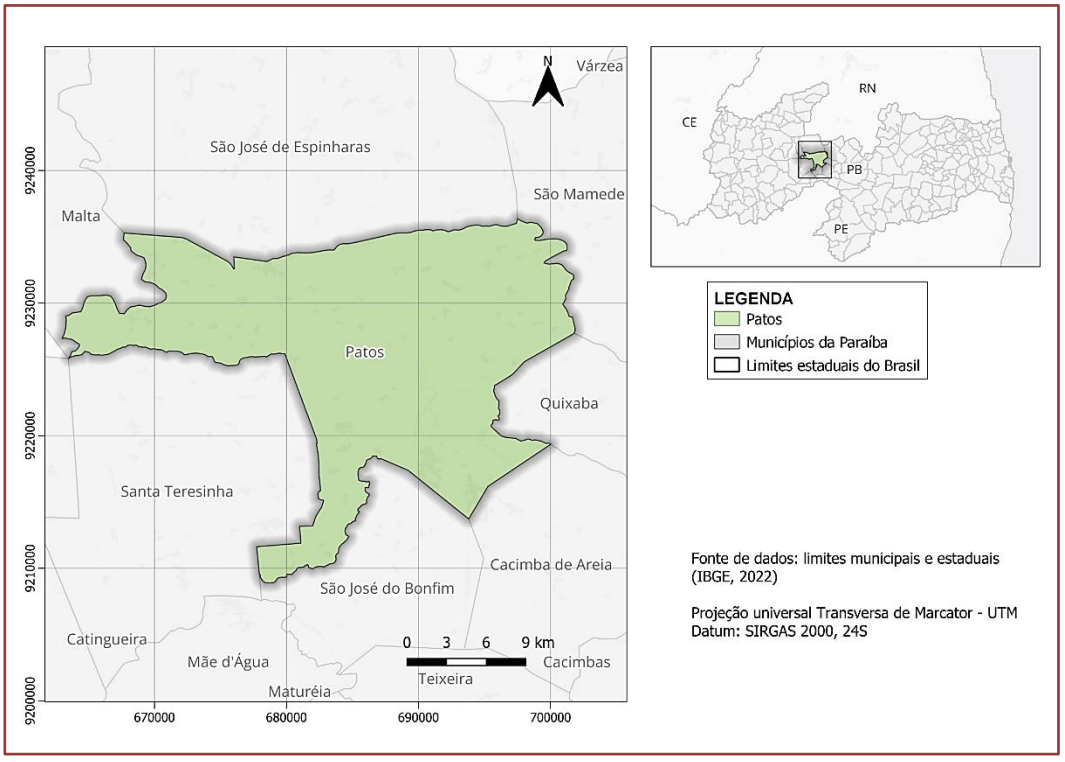
Embora que esteja consubstanciado nos objetivos do plano diretor em seu Art. 30, inciso XVIII, a restrição da ocupação irregular das margens de rios, barragens e açudes, esta prática é recorrente no município, tendo em vista que a cidade teve seu desenvolvimento territorial em torno dos cursos d'água que deságuam no Rio Espinharas. Além disso, foi constatado por Costa *et al.* (2023) o despejo inadequado de esgoto doméstico e industrial em um trecho urbano da cidade de Patos no rio Espinharas. Esta prática fere tanto as diretrizes estabelecidas na PNMA, onde os agentes utilizadores de recursos ambientais têm a responsabilidade de preservá-los, conservá-los e, quando necessário, revitalizá-los, quanto ao plano diretor do município, tendo em vista que é objetivo do plano a adequada distribuição e suprimento dos sistemas de abastecimento de água, coleta e destinação final de esgotos, drenagem de águas pluviais, energia elétrica, iluminação pública, vias pavimentadas e coleta do lixo com sua destinação final (PATOS, Lei n°3.503, de 06 de outubro de 2006).

3. METODOLOGIA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo em questão foi realizado no município de Patos, região intermediária da Paraíba, localizado no Oeste do estado da Paraíba, conforme observado na Figura 2. Patos ocupa uma área de 472,892 km^2, sendo o quarto município mais populoso do estado, com uma população 103.165 pessoas e uma densidade demográfica de 218,16 habitante por quilômetro quadrado, o clima é predominante semiárido, vegetação do tipo Caatinga, com variações de temperaturas de 28ºC a 35ºC anuais (IBGE, 2022) (Koeppen, 1996).

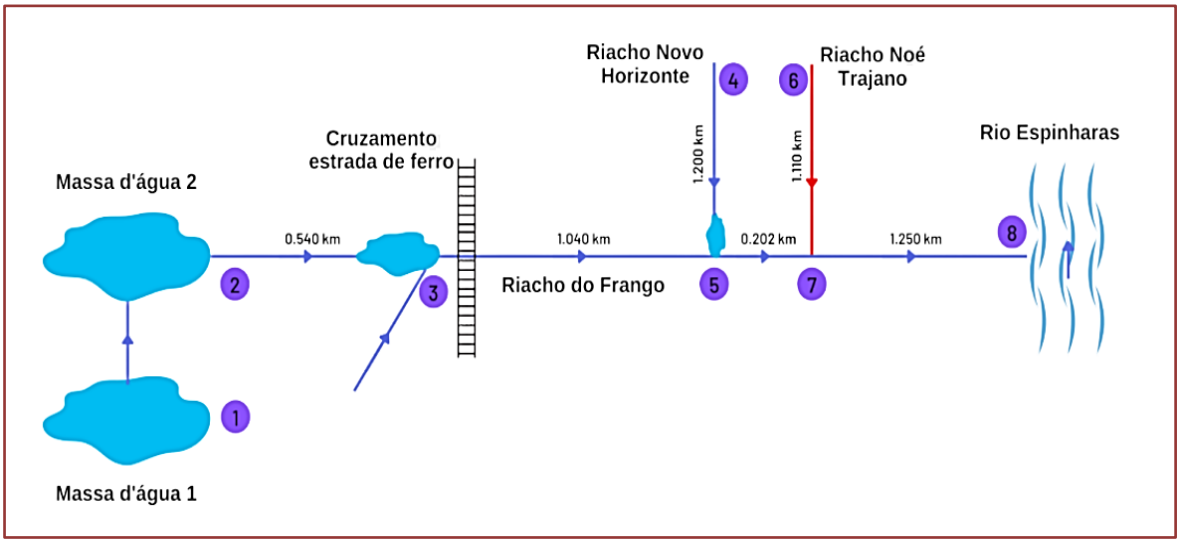
Figura 2 – Localização de Patos-PB, Brasil



Fonte: Os autores (2023).

O desenvolvimento urbano de Patos causou impactos ambientais devido ao aumento da impermeabilização causada pela pavimentação ou construções de edificações em áreas que antes eram permeáveis. Além disso, o município é interceptado transversalmente pelo Rio Espinharas, formado pelos Rios da Cruz e Farinha. Esses rios nascem nas encostas da Serra do Teixeira-PB e se juntam no perímetro urbano da cidade de Patos-PB, Santos (2022), realizou em suas pesquisas, a caracterização do Riacho Noé Trajano, que desagua junto com o Riacho Novo horizonte no Riacho do Frango formando o Rio Espinharas, conforme visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Disposição dos cursos d'água no perímetro urbano de Patos-PB



Fonte: Santos (2022).

Desta forma, à medida com que a cidade se desenvolveu, a população se instalou cada vez mais próximos dos cursos de água citados anteriormente, inclusive construindo assentamentos e empreendimentos imobiliários em áreas de várzea.

3.2. MÉTODOS

De acordo com Gil (2002), os procedimentos técnicos empregados neste estudo são caracterizados como pesquisa exploratória, utilizando o método de levantamento bibliográfico e documental como abordagem. Ainda à luz do autor, pode-se afirmar que um estudo desta natureza é capaz de proporcionar uma visão global do problema ou identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados. Desta premissa, serão analisados os principais impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo em áreas urbanas, utilizando Patos, Paraíba, como área de estudo.

Sob esta conjuntura, foi realizada uma revisão da literatura em estudos anteriores que analisaram a influência do uso e ocupação do solo em regiões semelhantes, a fim de formular uma base teórico-conceitual no âmbito de publicações existentes acerca ou relacionados com o presente estudo. Ainda foi realizado um levantamento de informações relacionadas aos instrumentos legais de ordenamento territorial do município para avaliação, almejando-se compreender a efetividade destes documentos legais para solucionar a problemática em questão.

Além disso, buscou-se nas bibliografias informações quanto ao processo de expansão urbana, com objetivo de compreender os fatores que impulsionaram esse processo, os impactos resultantes e as estratégias adotadas para lidar com os desafios decorrentes da expansão urbana desordenada. Essa abordagem permitiu uma análise mais abrangente e embasada, utilizando conhecimentos já existentes para compreender e contextualizar os impactos ambientais do uso e ocupação do solo em áreas urbanas.

Em um segundo momento, foi produzido um mapa de uso e cobertura do solo, para sua elaboração foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5/TM referente ao ano 1985, e imagens do satélite Landsat-8/OLI-TIRS correspondente ao ano de 2022, ambas disponíveis na plataforma do Google Earth Engine, a qual realiza o processamento espacial e possibilita o mapeamento das transformações sobre os fenômenos que ocorrem na superfície terrestre.

A classificação foi realizada a partir da aplicação do algoritmo classificador Random Forest, o qual possibilita a partir de uma árvore de decisão realizar uma classificação por meios estatísticos e mapear as características da área a partir de uma análise qualitativa e quantitativa da dinâmica do uso e cobertura do solo (GORELICK *et al.,* 2017).

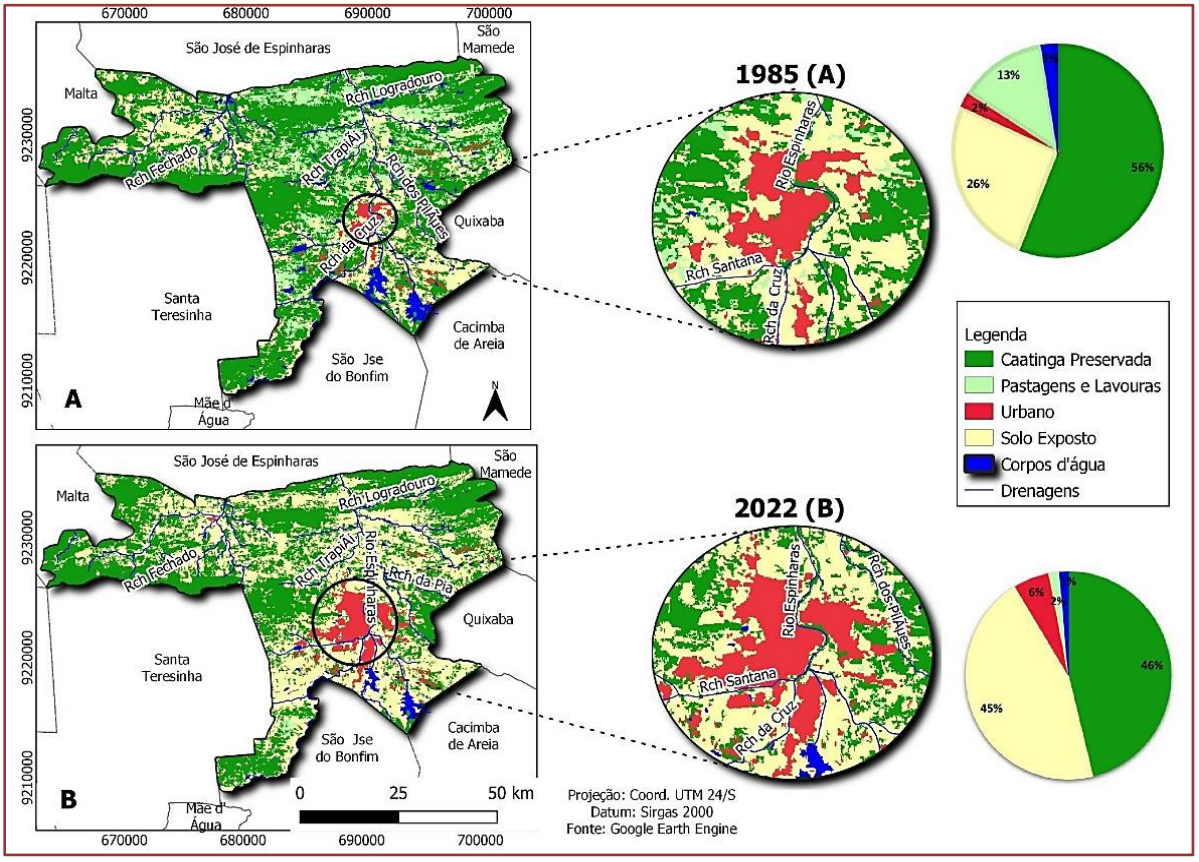
Os resultados foram comparados ao plano diretor para avaliar a eficácia das políticas na redução dos impactos ambientais detectados, levando a uma análise da adequação e aplicação dos instrumentos legais em Patos. Isso também destacou possíveis lacunas, sugerindo ajustes para uma gestão do uso do solo mais sustentável na cidade.

Em suma, a metodologia adotada neste estudo combinou uma revisão da literatura, o uso de sensoriamento remoto, investigação documental do município e análise integrada dos dados para investigar os impactos ambientais do uso e ocupação do solo em Patos. A abordagem multidisciplinar permitiu obter uma visão abrangente e embasada sobre a problemática, contribuindo para a compreensão dos desafios enfrentados e fornecendo subsídios para a formulação de estratégias e políticas que visem à promoção de um desenvolvimento urbano mais sustentável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere ao desenvolvimento territorial de Patos/PB, foi elaborado um mapa de uso do solo do município dos anos de 1985 e 2022, contemplando a dinâmica de formação e expansão da área urbana de Patos, almejando-se confrontar e melhor compreender os resultados obtidos no tocante aos impactos ambientais da urbanização, além de avaliar as transformações ocorridas ao longo desses anos. A análise comparativa revela uma notável expansão da área urbana de Patos, evidenciando um aumento significativo no processo de urbanização, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo do município de Patos-PB

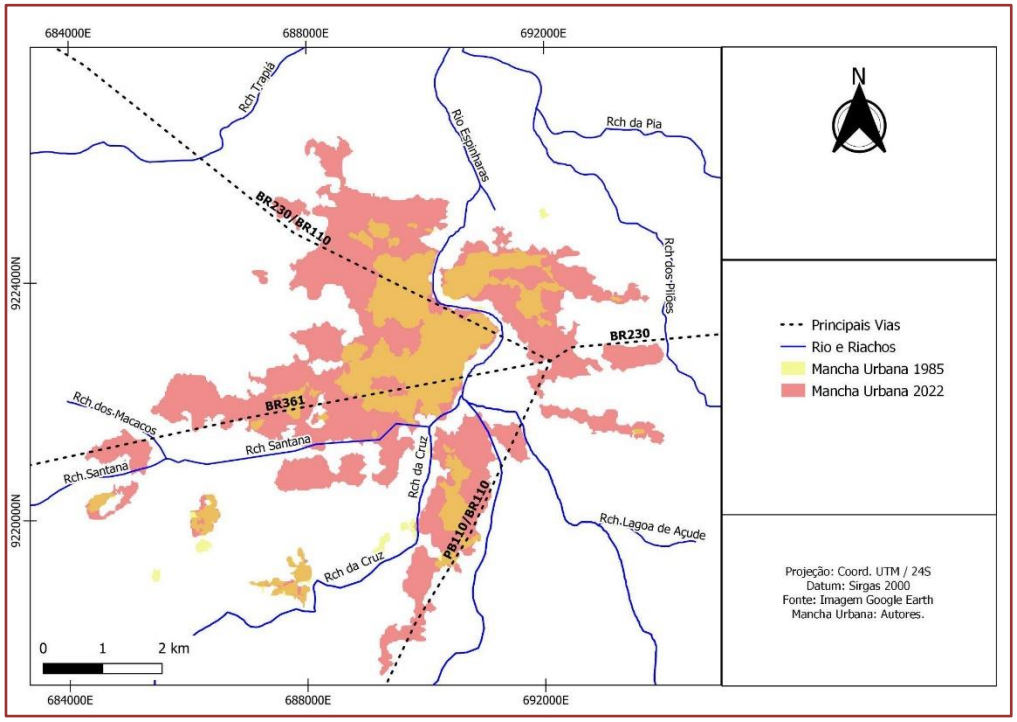


Fonte: Os autores (2023).

Ao compararmos os dados entre os anos de 1985 e 2022, é possível observar uma transformação significativa na configuração urbana do município de Patos. No período de 37 anos, houve um crescimento expressivo das áreas urbanizadas, em 1985 a área urbana era de 636,958 hectares já no ano de 2022 a área urbana cresceu para 2.132,947 hectares indicando um aumento na ocupação do solo para fins residenciais, comerciais e industriais. Essa expansão é evidenciada pela ampliação das manchas urbanas, com a incorporação de novos loteamentos e empreendimentos imobiliários.

Em 1985, a cidade possuía uma configuração mais compacta, com atividades urbanas concentradas em áreas específicas. No entanto, em 2022, houve uma dispersão das áreas urbanas, com a ocupação do solo se estendendo para além dos limites tradicionais da cidade. Esse crescimento ocorreu de forma fragmentada e desordenada, com a população se espalhando em direções mais distantes do centro comercial. Obstáculos naturais, como o Rio Espinharas e rodovias, contribuíram para a fragmentação da malha urbana. Além disso, áreas mais distantes foram desenvolvidas, enquanto áreas mais próximas não foram completamente exploradas, resultando em um formato disperso de expansão urbana. A Figura 5 demonstra isso.

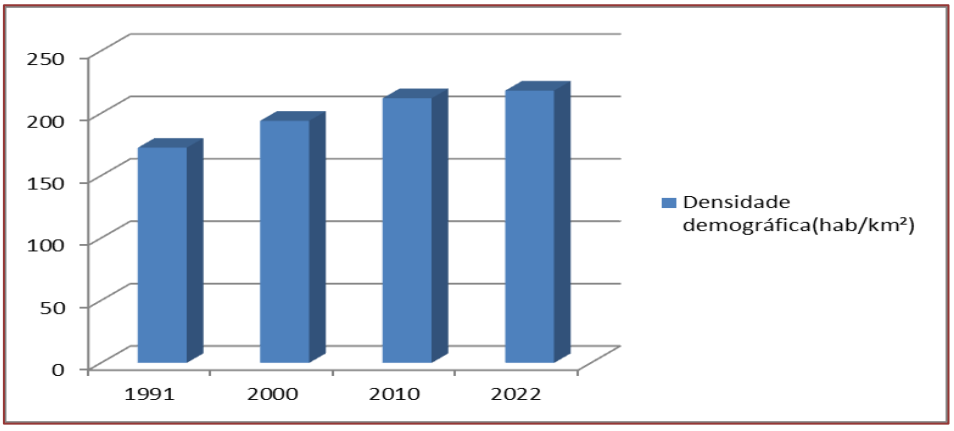
Figura 5 – Evolução da mancha urbana entre 1985– 2022



Fonte: Os autores (2023).

Essa expansão territorial está diretamente relacionada ao crescimento demográfico e ao desenvolvimento econômico do município. O aumento da demanda por moradias, comércios e serviços impulsionou a ocupação de novas áreas, levando ao surgimento de loteamentos, conjuntos habitacionais e empreendimentos comerciais em diferentes regiões de Patos. No entanto, é importante ressaltar que essa expansão urbana não ocorreu de forma planejada e ordenada em todos os casos, analisando-se os valores de densidade demográfica na Figura 6, percebe-se que houve um adensamento populacional progressivo, uma vez que a infraestrutura urbana não acompanhou adequadamente o ritmo de crescimento da população.

Figura 6 – Evolução da densidade demográfica entre 1991– 2022



Fonte: Adaptado de IBGE (2022).

Considerando que o processo de urbanização elevou simultaneamente a demanda por moradia, empregos e serviços públicos nas cidades, surgiram problemas como a falta de serviços básicos, infraestrutura viária insuficiente e deficiências no sistema de transporte público, afetando a qualidade de vida dos moradores. Além disso, a expansão do perímetro urbano também gerou impactos ambientais significativos, como a perda de áreas verdes, a impermeabilização do solo e a degradação de recursos naturais. Em contrapartida, é notável a diminuição das áreas rurais e de vegetação nativa, o que reflete a intensificação do processo de urbanização e a ocupação de espaços antes destinados à agricultura, pastagens e áreas de preservação ambiental. A comparação entre os dois períodos revela um avanço contínuo das áreas urbanas sobre os espaços naturais, resultando em perda de biodiversidade, fragmentação de habitats e redução dos serviços ecossistêmicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização, que afetam as áreas urbanas, foram identificados com base em um enfoque abrangente que inclui não apenas a análise cartográfica, mas também extensa revisão bibliográfica. A exploração e exposição do solo, a redução da biodiversidade resultante do desmatamento, a intensificação das inundações e enchentes, a emissão de gases poluentes, a contaminação dos recursos hídricos e do solo, bem como a erosão do solo emergiram como questões centrais que refletem não apenas um crescimento urbano desordenado, mas também a necessidade de intervenções sustentáveis e planejadas.

No município de Patos o cenário não é diferente, os impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização em Patos são alarmantes e demandam uma ação urgente. A infraestrutura precária do município, especialmente o saneamento básico deficiente e a falta de obras de drenagem de águas pluviais, agrava os impactos ambientais, sociais e econômicos enfrentados pela população. Além disso, o gerenciamento inadequado de resíduos sólidos é uma questão que requer avanços significativos.

A mata ciliar do Rio Espinharas, localizada na área urbana, sofre com a falta de vegetação rasteira, desmatamento, e construções irregulares às margens do rio, o que compromete a sua integridade. Isso resulta na erosão das margens, assoreamento e impermeabilização do solo, aumentando consideravelmente o risco de inundações, além de causar degradação paisagística e desequilíbrio ecológico.

Outro aspecto preocupante é a insuficiência dos instrumentos legais de ordenamento territorial, evidenciada pela desatualização do plano diretor e a ausência de uma lei que regule o Código de uso e ocupação do solo urbano e rural. Essa lacuna revela falta de compromisso com o planejamento territorial da cidade, resultando num desenvolvimento regido por diretrizes desfasadas da realidade atual.

Diante desse contexto, é indispensável a implementação de medidas que promovam o desenvolvimento sustentável e a qualidade ambiental. É urgente a revisão e atualização do plano diretor, a fim de estabelecer diretrizes eficientes para o ordenamento territorial, além da criação e aplicação de leis que regulam o uso e ocupação do solo.

É essencial investir em infraestrutura adequada, como saneamento básico e obras de drenagem, bem como promover a conscientização da população sobre a importância da preservação ambiental. A integração entre os setores público, privado e a sociedade civil é fundamental para alcançar um desenvolvimento urbano sustentável, garantindo assim

um futuro melhor para Patos, com qualidade de vida e preservação dos recursos naturais para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

[1] ALVES, J. B; MEDEIROS, F. S. Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente do Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. **Redes**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 107-130, 9 maio 2016.

[2] ARAÚJO, G. H.S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. (2010). **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de janeiro: Bertrand Brasil.

[3] BEZERRA, A. L. R et al. Expansão urbana e mobilidade: estudo de caso em patos - PB**. Research, Society And Development,** [S.L.], v. 11, n. 2, p. 1-14, 22 jan. 2022. Research, Society and Development. http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.24448.

[4] BISPO, T. C.; LEVINO, N. A. (2011). Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região periférica de Maceió-AL. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2017, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: ABEPRO, 2017. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_143_901_18402.pdf Acesso em: 03 jul. 2023.

[5] BRASIL. **Constituição (1988).** Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

[6] BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm

[7] BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

[8] BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**: regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Lex: ACQUAVIVA, Marcus Cláudio. Vademecum universitário de direito. 5. ed. rev. ampl. São Paulo: Editora Jurídica Brasileira. 2002.

[9] BRITO, L. K. S. (2020). **Avaliação do Impacto das Características Geomorfológicas e Padrões de Uso e Ocupação do Solo Urbano no Distrito Federal no Manejo de Águas Pluviais**. (Dissertação). Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

[10] CAVALCANTE, V. L. U. (2008). **A centralidade da cidade de Patos-PB: Um estudo a partir de arranjos espaciais.** Dissertação (Mestrado). UFPB, João Pessoa, 2008.

[11] CASTRO, A. O. C. **Impactos da urbanização nas condições geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio das Pedras — Jacarepaguá — RJ.** 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

[12] COSTA, A. M et al. O rio Espinharas: uma questão ambiental que é um problema nosso. In: NOGUEIRA, V. F. B; DANTAS, J. S. **Impactos Ambientais em Região Semiárida**: análises e abordagens. Campina Grande: Eptec, 2023. p. 18-30.

[13] FERNANDES, R. S. Impactos ambientais e medidas compensatórias ao uso e ocupação desordenada do solo de um bairro da periferia na cidade de Bacabal - Maranhão. In: MARTINS, Bianca Camargo. **Planejamento urbano e regional**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 70-83.

[14] FURTADO, L. S. et al. Impactos ambientais oriundos do crescimento urbano/demográfico: um estudo no bairro da pedreira, belém/pa. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 11, n. 7, p. 484-500, 10 ago. 2020.

[15] GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: **Atlas**, 2002.

[16] GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone.

Remote Sensing of Environment, 202, 18–27, 2017.

[17] HONDA, S. C. A. L., et al. **Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP).** urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 7, 62-73, 2015.

[18] KOEPPEN, W. Tradução: Corrêa, A.C.B. **Sistema Geográfico dos Climas.** Notas Comunicado de Geografia – Série B: Textos Didáticos nº 13. Ed. Universitária – UFPE, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, p.31, 1996.

[19] MEDEIROS, L. G de et al. A análise do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) na cidade de Patos/PB. **Revista Interdisciplinar e do Meio Ambiente (Rima),** [S.L.], v. 3, n. 1, p. 1-12, 30 jun. 2021.

[20] GOMES, M. F; PINTO, W. S. **Justiça socioambiental e processo de urbanização das cidades**. Revista de Direito da Cidade, vol. 12, nº 1, p. 582-608, ISSN 2317-7721, 2020. DOI: 10.12957/rdc.2020.39931. Acesso em: 26 ago.

[21] MONTEIRO, A. R; VERAS, A. T. R. A questão habitacional no Brasil. **Revista de Geografia da UFC**. Fortaleza, v. 16, n. 7, p. 1-12, 15 jul. 2017.

[22] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2020). **IBGE Cidades**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/panorama. Acesso em: 23 jun.2023.

[23] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2022). **IBGE Cidades**. Disponível em:https://censo2022.ibge.gov.br/. Acesso em: 26 jun.2023.

[24] LUCENA, W. G. **A produção do espaço urbano da cidade de Patos/PB: do BNH ao Programa Minha Casa Minha Vida**. 2014. 231 f. (Dissertação de mestrado). Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

[25] PATOS, Prefeitura Municipal de. **Lei Orgânica do Município de Patos-PB**. Paraíba, 5 Abr. 1990. Disponível em: http://camarapatos2.easyweb.net.br//images/arquivos/documentos/1519064683.pdf. Acesso em: 03 jul. 2023.

[26] PATOS, Plano diretor e Desenvolvimento Integrado. **Lei n° 3.503 de 06 de outubro de 2006**. Define o Plano Diretor e Desenvolvimento Integrado do Município de Patos, e dá outras providências. Disponível em: http://leis.camarapatos.pb.gov.br/files//2006/3.503-2006.pdf. Acesso em: 03 jul. 2023.

[27] PERES, R. B. "**Uso e ocupação do solo e impactos ambientais urbanos**." In: Cadernos do Cescar. São Carlos: Gráfica e Editora Futura, 2011, p. 173-183.

[28] SANTOS, V. J. A. **O direito à moradia digna: a assistência técnica na construção civil como política pública habitacional no nordeste do brasil.** 2021. 57 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Uniages, Paripiranga, 2021.

[29] SANTOS, D. S. **Avaliação do desempenho de telhados verdes no amortecimento de vazões de pico da bacia do riacho Noé Trajano, em Patos-PB**. 2022. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unifip Centro Universitário, Patos, 2022.

[30] SILVA JUNIOR, R. S; MARTILLI, A; SILVA, E. H. de L. Efeito da urbanização sobre a dispersão de poluentes e formação de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l], v. 27, n. 16, p. 34-56, dez. 2020.

[31] SILVA, P. J. Uso e ocupação do solo urbano: uma análise dos impactos ambientais nas áreas de dunas no bairro de felipe camarão/natal-rn. **Holos**, [S.L.], v. 5, p. 91-103, 1 out. 2015. SOUSA, S. C. **Inundações no semiárido da Paraíba:** estudo de caso no município de patos e São joão do rio do peixe. 2018. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

[32] TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: **Editora da UFRGS/ABRH**, 2009.

[33] TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. In: Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

Capítulo 4

Economia criativa: o distrito Criativo Centro-Gare/Santa Maria/RS na perspectiva da inclusão social

Fabiana da Costa Pereira
Fabrise de Oliveira Müller
Liciane Brun

Resumo: Em abril de 2022, as universidades, o governo municipal e as entidades locais modelaram o projeto de um Distrito Criativo em Santa Maria (RS). Com a missão de aproximar e potencializar atores de diferentes esferas para atuar coletivamente na geração de valor para o território, garantindo coesão e ações contínuas. A região foi escolhida devido à forte presença da economia criativa no local e por exercer um papel fundamental na história e no desenvolvimento de Santa Maria. Para tanto, as iniciativas pautam-se na sustentabilidade econômica social e ambiental, no respeito à memória ferroviária, na colaboração, nos princípios de inclusão e na inovação com e para as pessoas. Nesse sentido, o problema de pesquisa busca saber: qual o espaço reservado e efetivamente ocupado pela diversidade cultural e inserção social na construção do Distrito Criativo Centro-Gare, de Santa Maria, no RS? Para responder a esse questionamento, o objetivo do estudo foi identificar a participação de representantes da diversidade cultural e inserção social no planejamento e nas ações já realizadas pelo Distrito Criativo Centro-Gare, de Santa Maria, no RS. Um estudo exploratório de análise de documentos gerados no planejamento e ações do Distrito Criativo Centro-Gare Santa Maria, apontou a presença de questões como diversidade e inclusão. A conclusão parcial demonstra que o Distrito Criativo se organiza a partir de ações desvinculadas e que já existiam na região e têm perspectiva de fortalecimento ao longo do tempo.

Palavras-chave: economia criativa, distrito criativo, comunicação e cidadania.

1. INTRODUÇÃO

O governo municipal e as entidades locais modelaram o projeto de um Distrito Criativo em Santa Maria (RS). Com a missão de aproximar e potencializar atores de diferentes esferas para atuar coletivamente na geração de valor para o território, garantindo coesão e ações contínuas, o projeto visa revitalizar as antigas construções e criar polos de diversidade aos moradores e turistas.

A região foi escolhida devido à forte presença da economia criativa no local e por exercer um papel fundamental na história e no desenvolvimento de Santa Maria. Para tanto, as iniciativas pautam-se na sustentabilidade econômica social e ambiental, no respeito à memória ferroviária, na colaboração, nos princípios de inclusão e na inovação com e para as pessoas.

O foco principal deste ambiente de inovação é incentivar o desenvolvimento através do estímulo à economia criativa, a partir de ações que levem empresas pequenas a desenvolverem-se e ganharem contornos de inovação e cultura. Com base no apontamento de algumas questões, foram desenvolvidos objetivos estratégicos agrupados em quatro dimensões que resultam em comitês responsáveis pelo mapeamento dos problemas, planejamento e desenvolvimento de ações de curto, médio e longo prazo para o Distrito: Ambiente Natural e Construído; Governança e Políticas Públicas; Economia Criativa; e Identidade e Recursos Culturais.

A economia criativa é caracterizada pela capacidade de inclusão de pessoas e tem o potencial de abrir oportunidades para diversos nichos de mercado. Essa inclusão de diferentes grupos sociais se dá porque as habilidades criativas são muitas vezes subestimadas ou negligenciadas pela sociedade, mas podem ser transformadas em oportunidades. Assim, a economia criativa possui a diversidade cultural; a inclusão social; a sustentabilidade e a inovação como princípios norteadores para a elaboração de políticas públicas inclusivas e sustentáveis.

Esse artigo versa sobre o olhar ao Distrito Criativo Centro- Gare, em Santa Maria, RS, como espaço onde há potencial de pleno desenvolvimento da cidadania apresentada por Cortina (2005) que se constitui em cinco faces: cidadania política, cidadania civil, cidadania social, cidadania econômica e cidadania intercultural. Porém, o mesmo só se constituirá assim se mantiver, dentro do seu planejamento e na execução das ações, a essência que caracteriza esses espaços, identificados neste primeiro momento pela diversidade cultural e inclusão social.

Nessa perspectiva é que se desenvolveu um estudo exploratório, através da análise documental, que procurou identificar no Plano de Ação do Distrito Criativo Centro-Gare e nos relatórios de ações[1] realizadas em 2022, a presença dessas características. Vale salientar que este é um estudo inicial à temática e ao objeto, incipiente em suas proposições.

2. OS ESPAÇOS DE DIVERSIDADE E A CONSTRUÇÃO DAS CIDADANIAS

A cidadania requer uma postura participativa dos grupos e indivíduos e, claro, a existência de espaços abertos pelo Estado para a realização dessa participação, conforme a autora (DAGNINO, 1994). E esses espaços devem abarcar as diferentes áreas de atuação da população, sejam espaços comerciais, culturais, educacionais, esportivos e políticos.

[1] Disponível em http://www.distritocentrogare.com.br/index.php/pt/, acesso em 15 de março de 2023.

Podem ser fóruns, conselhos, entre outros tipos de organizações. Porém é nessa participação que às vezes se perde a perspectiva dessa cidadania inclusiva, múltipla, visto o não reconhecimento da necessidade de ocupação desse espaço de pertencimento ao coletivo.

O fortalecimento da cidadania se dá justamente no elo entre indivíduo e sociedade, porém, para Cortina (2005), justamente é a falta de pertencimento dos indivíduos às sociedades que reflete a baixa participação como conjunto. Para a autora, para levar à constituição da consciência da necessidade de nos tornarmos cidadãos do mundo, seria preciso pensarmos em uma cidadania política, uma cidadania social, uma cidadania econômica, uma cidadania civil e uma cidadania intercultural.

Para Cortina (2005, p. 31), a cidadania política seria "o reconhecimento oficial da integração do indivíduo na comunidade política", onde desenvolveria uma identidade de grupo, num processo de inclusão, ao mesmo tempo em que também passaria a identificar as diferenças que existem em relação aos outros grupos que se formam neste espaço político. A segunda, a cidadania social, a mais conhecida, abarca direitos ao trabalho, educação, moradia, saúde e benefícios sociais. Conforme Cortina (2005, p. 52), "satisfazer essas exigências é indispensável para que as pessoas se saibam e se sintam membros de uma comunidade política, ou seja, cidadãos, porque só pode sentir-se parte de uma sociedade quem sabe que essa sociedade se preocupa [...] com sua sobrevivência".

Na terceira perspectiva, a cidadania econômica, conforme a autora, duas possibilidades aparecem: o desenvolvimento de uma relação dialógica entre as organizações e seu público afetado, colocando o cidadão como protagonista da atividade empresarial; e a segunda possibilidade seria a transformação da relação entre organização e públicos, como uma relação de cooperação, onde a empresa passa a ser vista como responsável pelo atendimento de interesses dos diferentes grupos que compõem a sociedade. Porém, alguns obstáculos surgem: a precarização do trabalho, considerando que ainda é o meio de sustento da população e da construção de sua identidade social; a nova organização social que classifica os indivíduos pelo saber; e a delegação da responsabilidade social para as organizações do terceiro setor (CORTINA, 2005).

E fechando o conceito de cidadania, como proposto por Cortina (2005), a cidadania intercultural abraça questões tão preocupantes como o domínio cultural imposto pelas culturas dominantes nos povos que possuem formação multicultural, num fechamento à diversidade. E, a partir desse ponto de vista, para a autora duas questões precisam ser encaradas: "Como saber-se e sentir-se cidadão igual quando a própria cultura é preterida? Como aceitar as normas políticas de uma cultura que se revela estranha?" (2005, p. 140).

Encarar o multiculturalismo, para Cortina (2005), requer que sejam pensadas quatro questões estruturais sobre o assunto: a liberdade de identidade aos indivíduos para que tenham o direito de se manterem abertos a possibilidade de adesão às diferentes culturas; as diferenças entre as culturas, que devem ser respeitadas, mesmo que não encontrem pontos de concordância; o respeito necessário das diferentes culturas à identidade das pessoas que nelas se espelham, e por último, a importância do diálogo necessário entre as culturas, para que nenhuma absorva a outra, mas que esteja aberta ao crescimento.

Reflexões como essas, propostas por Cortina (2005), para quem a cidadania assume diferentes faces – política, social, econômica, civil e intercultural – nos instiga a identificar que é justamente ao cumprir com o papel definido a cada uma, que o indivíduo se fará partícipe da construção da sua realidade. Não temos como pensar essas cidadanias separadas, se não para melhor defini-las como fez a autora, pois não se estabelecem

individualmente. O indivíduo ao desenvolver-se em uma, automaticamente se torna presente em outra.

E nessa perspectiva de desenvolvimento de cada uma dessas cidadanias é que enxergamos o potencial dos distritos criativos, que justamente se propõem a reunir, num espaço urbano, indivíduos que, a partir de suas habilidades e conhecimentos, buscam o desenvolvimento pessoal e da comunidade do entorno, tendo na economia criativa a base do trabalho a ser desenvolvido. São espaços onde circulam a diversidade e a inclusão, que também se fazem necessárias para o pleno exercício das cidadanias de Cortina (2005). Para Testoni (2018, s/n), "emerge uma atmosfera nos distritos criativos para as expressões humanas e o surgimento de novas ideias. Esse clima possui um caráter de acolhimento daqueles que divergem de estilos de vida comuns".

Junto a esses espaços, são oportunizadas várias outras ações que agregam grupos heterogêneos, muitas vezes periféricos, que passam a ter relações de trocas culturais. Ainda, em geral, os distritos criativos são desenvolvidos em espaços que consideram também o território, suas histórias que muitas vezes são de total abandono. São espaços de inovação, transformação e tolerância. "Assim, a agenda é positiva em relação a transformações urbanas. Isso faz com que organizações da sociedade civil e entidades públicas queiram participar no planejamento e incentivo ao sucesso do distrito". Ponto que justamente precisa ser problematizado, considerando as disputas de poder que se estabelecem quando a cidadania ainda não é plena para todos os envolvidos.

Na melhor das realidades, as cidadanias de Cortina (2005), se fazem possíveis nesses espaços, se considerarmos que: a cidadania política requer justamente a inserção social dos indivíduos, para que estes se sintam pertencentes ao espaço onde existem, influenciando na tomada de decisões; a cidadania social por ser este um espaço onde a justiça social pode fazer-se presente com a mão do estado para o equilíbrio social; a cidadania econômica, por ser espaço onde a precarização do trabalho pode ser combatida, a valorização do saber se dá numa relação dialógica e o terceiro setor torna-se parceiro do poder público e da iniciativa privada; a cidadania civil ao se estabelecer um espaço onde as associações, nem políticas e nem governamentais, se fortalecem; e a cidadania intercultural, por ser espaço onde as diferentes culturas ganham valor pelas especificidades e diversidade de práticas culturais convertidas na oferta de produtos ou serviços.

3. ECONOMIA CRIATIVA E O DISTRITO CRIATIVO CENTRO-GARE SM

A economia criativa aparece como um pilar do desenvolvimento econômico urbano e regional, incentivando atividades, programas e projetos que possuem na criatividade, elencada por habilidades e talentos individuais e de grupos, um potencial de geração de emprego e renda. Conforme Zaganelli e Gantos (2015, p. 91), "o conceito de economia criativa está relacionado intimamente ao desafio de transformar a sociedade em uma economia que tem criatividade, cultura e arte como elementos-chave para o desenvolvimento local, a sustentabilidade econômica e a inclusão cultural". Ainda, para Madeira (2014, p. 37):

> A emergência do conceito de economia criativa acontece no início do presente século, em meio a rápidas transformações da economia global, que podem ser sintetizadas pela intensificação da importância do conhecimento como recurso do sistema de produção. Responde, nessa linha, à tentativa de apreender um mundo onde criatividade,

> inovação e gerenciamento de riscos tornaram-se imperativos da competição econômica.

Na perspectiva da Unctad (2010) as divisões das categorias da economia criativa estão organizadas na área de patrimônio cultural (incluindo artesanato, festivais e expressões da cultura tradicional); artes (artes visuais, pintura, escultura e fotografia/artes dramáticas, teatro, dança, ópera, circo, música); mídia (edição e mídia impressa, audiovisual, cinema e rádio); e criações funcionais (design de moda e de interiores, arquitetura, conteúdos digitais, jogos). E, para classificação, o modelo da Unesco (2012) sobre produção cultural se dá a partir da noção de ciclo cultural, que passaria por cinco fases: criação - origem e autoria de ideias e conteúdo; produção - formas reprodutíveis de cultura, ferramentas especializadas, infraestrutura e processos utilizados; disseminação - condução dos produtos culturais fabricados em massa para consumidores e exibidores; exibição/recepção/transmissão - local de consumo e performance das experiências culturais; e consumo/participação - atividades dos espectadores e participantes no consumo cultural.

Segundo dados do Observatório Itaú Cultural[2], em 2020 o número de empresas criativas no Brasil eram no total de 135 mil empresas, o que representa 4% do total de empresas brasileiras. Ainda, o ano de 2021 foi declarado o Ano Internacional da Economia Criativa para o Desenvolvimento Sustentável, conforme a Unctad[3]. Uma série de atividades foram realizadas para discutir o momento pós pandemia da Covid-19, no intuito de compartilhar experiências, discutir as melhores práticas, propor a capacitação dos recursos humanos em busca da promoção de ambientes favoráveis ao desenvolvimento e ao enfrentamento dos desafios da economia criativa.

Como vários outros setores, a empresas, organizações e profissionais ligados à economia criativa foram imprescindíveis à população durante o período de distanciamento social (vide o aumento no consumo de vídeos, shows, espetáculos, entre outros bens culturais), porém tiveram grande dificuldade de remuneração e acesso aos programas de auxílio do governo. O âmbito da economia criativa, segundo a antiga Secretaria da Economia Criativa (2010, p. 40), "chama a atenção para os importantes ativos criativos e ricos recursos culturais que existem em todos os países em desenvolvimento" e que podem proporcionar "fonte de crescimento econômico, criação de emprego e maior participação na economia global. Ao mesmo tempo, a economia criativa promove a inclusão social, a diversidade cultural e o desenvolvimento humano".

Na perspectiva de ser fonte geradora de emprego e renda é que passa a ser compreendida como oportunidade de desenvolvimento local e regional às comunidades. Segundo o Painel de Dados do Itaú Cultural[4], o ano de 2021 fechou com mais de 7 milhões de postos de trabalho na economia criativa. Ainda, informa que no início de abril de 2022, os microempreendedores individuais vinculados a setores e ocupações da economia criativa somavam cerca de 1.545.929 de cadastrados em todo o Brasil. Nessa perspectiva, buscando potencializar os aspectos locais, é que alguns municípios brasileiros buscaram

[2] Dados disponíveis em Observatório Itaú Cultural disponível em https://www.itaucultural.org.br/observatorio/paineldedados/ Acessado em 2 de junho de 2022.

[3] Notícia publicada no site da ONU disponível em https://pt.unesco.org/news/ano-internacional-da-economia-criativa-o-desenvolvimento-sustentavel Acessado em 7 de maio de 2022.

[4] Balanço economia criativa no 4º trimestre de 2021. Publicada em 3.05.2022. Disponível em https://www.itaucultural.org.br/observatorio/paineldedados/publicacoes/boletins/balanco-economia-criativa-no-4o-trimestre-de-2021 Acessadas em 15.05.22.

oficializar a organização de espaços que pudessem justamente agregar a indústria criativa local, os Distritos Criativos. Realidade da cidade de Santa Maria, no RS que, em janeiro de 2021, deu os primeiros passos para a criação do Distrito Criativo Centro-Gare, buscando agregar um espaço de valor cultural, como o centro histórico da cidade com a Vila Belga, a Estação da Gare, entre outros espaços que já contavam com a presença de mais de 50 empreendimentos ligados à economia criativa. Projeto esse que virou realidade a partir de abril de 2022.

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa, de abordagem qualitativa e objetivo exploratório, possui um percurso metodológico que passa por um primeiro momento de tensionamento entre o olhar para a teoria de Cortina (2005), representada pelo círculo virtuoso da cidadania, que pode ter nos distritos criativos espaços de potencial desenvolvimento, e os documentos existentes de planejamento e relatórios de um primeiro ano de execução das ações no Distrito Criativo Centro-Gare, de Santa Maria. Para próximos estudos, outros olhares ao objeto serão desenvolvidos.

Nesse sentido, nesta primeira etapa do estudo, o problema de pesquisa busca saber: qual o espaço reservado e efetivamente ocupado pela diversidade cultural e inserção social na construção do Distrito Criativo Centro-Gare, de Santa Maria, no RS? Para responder a esse questionamento, o objetivo do estudo foi identificar a participação de representantes da diversidade cultural e inserção social no planejamento e nas ações já realizadas pelo Distrito Criativo Centro-Gare, de Santa Maria, no RS. Para atingir o objetivo, o estudo analisou o Plano de Ação e os relatórios das ações executadas apresentados para o ano de 2022.

O Distrito Criativo Centro-Gare partiu de um projeto do poder público em valorizar uma importante região da cidade, criando oportunidades para a cadeia produtiva local incrementar a economia, o desenvolvimento social e a cultura. Em janeiro de 2021[5], uma universidade de Santa Maria e gestores da prefeitura municipal deram início às reuniões do projeto, optando pela contratação de um serviço de consultoria, com experiência na temática, para o planejamento estratégico de implantação do Distrito.

Foram formados grupos de trabalho envolvendo secretarias que, em um primeiro momento, estariam mais envolvidas com as ideias, por exemplo, Secretaria de Município da Cultura, Secretaria de Município de Turismo, Secretaria de Município de Tecnologia. Foi então realizado um mapeamento de todos os grupos, atores, envolvidos na região, seja com projetos ou espaços, a citar, a Associação de Moradores da Vila Belga. Em agosto de 2021 o projeto foi lançado e apresentado à comunidade e deu-se início a uma série de workshops de reconhecimento e identificação dos desafios e problemas, em que foram ouvidos moradores, comerciantes e envolvidos no ecossistema do território do Distrito Criativo.

O processo de construção contou ainda com pesquisas junto à comunidade para levantar sugestões de melhorias para a região e cursos de capacitação sobre Economia Criativa. Desde então, uma série de ações de fomento têm sido feitas para que o Distrito Centro Gare se torne uma realidade. Grupos de trabalho, compostos por Universidades,

[5] Informações obtidas na linha do tempo do projeto, disponível em http://www.distritocentrogare.com.br/index.php/pt/distrito/nossa, acesso em 05/07/2023

organizações sem fins lucrativos e empresas privadas, seguem discutindo as ações para o Distrito[6].

A governança do Distrito Criativo é composta por 4 comitês estratégicos que são responsáveis pelo planejamento e realização de ações, de curto, médio e longo prazo, dentro de 4 dimensões a serem trabalhadas: Ambiente Natural e Construído; Governança e Políticas Públicas, Economia Criativa e Identidade e Recursos Culturais. Para cada dimensão 1, Ambientes Natural e Construído foram traçados 16 objetivos estratégicos e 91 ações pensadas; para a dimensão 2, Governança e Políticas Públicas, foram traçados 11 objetivos estratégicos e pensadas 48 ações; na dimensão 3, Economia Criativa e Identidade, foram traçados 9 objetivos estratégicos com 65 ações planejadas; e na dimensão 4, Identidade e Recursos Culturais, foram traçados 5 objetivos e 33 ações planejadas.

A análise documental, neste primeiro momento, organizou-se a partir do olhar para a presença, ou não, da diversidade e inclusão cultural, que são elementos presentes nas cidadanias de Cortina (2005) e que passaram a ser identificadas no Plano de Trabalho, como potencialidades de desenvolvimento, como também nos relatórios apresentados, por cada um dos comitês estratégicos. Os resultados, veremos na sequência.

5. RESULTADOS

No Plano de Ação do Distrito Criativo Centro-Gare, a presença reservada para a participação dos diferentes integrantes da sociedade aparece desde a definição dos valores, os quais abarcam a 'colaboração', a 'inclusão' e a 'inovação com e para as pessoas'. Na Dimensão 1, Ambiente Natural e Construído, aparece no objetivo estratégico 12, 'Melhorar a acessibilidade" e 15, 'Reduzir o receio de gentrificação'. Na Dimensão 2, Governança e Políticas Públicas, aparece no objetivo estratégico 25, 'Reconhecer e gerar oportunidades aos cidadãos em vulnerabilidade social' e 26, 'Ampliar o diálogo do poder público com trabalhadores informais'.

Na Dimensão 3, Economia criativa, podemos considerar que os 9 objetivos estratégicos contemplam a diversidade cultural e inserção social, visto que o fomento ao empreendedorismo vem ao encontro da cultura criativa e seu desenvolvimento. Na Dimensão 4, Identidade e Recursos Culturais, podemos considerar presente nos 5 objetivos estratégicos, porém se a referência aos termos história da região, identidade cultural e pertencimento, estiverem voltados a um olhar à diversidade cultural que compõem o espaço, o que só poderemos observar ao longo do desenvolvimento das ações dessa dimensão.

Já nos relatórios, apresentados para as ações realizadas durante o ano de 2022, em cada uma das dimensões, identificamos algumas movimentações significativas. Na Dimensão 1, já há estudos e início de planejamento de alteração da infraestrutura (como iluminação e levantamento das condições de calçamento), no trabalho de passeio guiado do Coletivo Memória Ativa, que busca identificar e conceituar a arquitetura dos prédios do perímetro central da cidade, numa valorização cultural do local, além de incentivo à realização de mais eventos públicos e ocupação da população dos espaços públicos como espaços de lazer.

[6] ADESM, AGGITEC, AHTTUR, CACISM, Atelier da Gare, Amigos da Gare, Sebrae, Sicredi, UFN, UFSM, entre outros.

Na Dimensão 2 há um trabalho de busca de qualificação de mão de obra e inserção no mercado formal de pessoas da região em situação de vulnerabilidade social; também houve efetivação na parceria com a UFSM na realização de 14 projetos de extensão no território; aprovados programas de incentivo aos estabelecimentos que integram o Distrito ou que tenham interesse em passar a integrar e incentivo às atividades e eventos que já vinham sendo realizados no local (como Brique da Vila Belga e Feira de Mulheres). Na Dimensão 3 existe a manutenção e apoio aos eventos da indústria criativa; busca de apoios para a capacitação dos empreendedores e orientação ao acesso de informações nos órgãos públicos; organização de roteiros turísticos que contemplem a região.

Na Dimensão 4, os trabalhos estão sendo organizados para um resgate histórico do desenvolvimento da cidade, onde foram convidados a participar representantes de povos negros, alemães, judeus, italianos, além de professores historiadores e arquitetos das instituições de ensino superior da cidade. Neste caso, as ações estão em início de levantamento, porém nesses dois momentos não foram contemplados os povos indígenas que possuem uma presença importante na cidade e representatividade ainda muito forte.

Considerando um olhar já para as atividades no ano de 2023, podemos elencar as seguintes ações:

Quadro 1: As ações no ano de 2023 do Distrito Criativo Centro-Gare

Ação	Data	Dimensão
O Distrito Criativo Centro-Gare, de Santa Maria, completou um ano de lançamento. Neste período, muitas atividades foram realizadas em prol do desenvolvimento econômico e da promoção cultural do território que perpassa o Centro Histórico de Santa Maria.	28/03/23	Dimensão 2 Governança e Políticas Públicas
O Conecta foi realizado no Mercado da Vila Belga, no Distrito Criativo Centro-Gare.Com o objetivo de conectar artistas, empreendedores e criativos de Santa Maria, a 2ª edição da iniciativa contou com palestrantes para falar dos temas "Música, Audiovisual e Criatividade", "Criatividade que Gera Engajamento" e "Criatividade que Conecta".	20 a 22/04/2023	Dimensão 3 Busca de apoios para a capacitação dos empreendedores
A Prefeitura de Santa Maria, por meio da Secretaria de Cultura, lançou o LabCriativo, uma iniciativa intersetorial para promover encontros voltados à criatividade, ao conhecimento e à tecnologia. O LabCriativo está localizado no Mercado da Vila Belga – empreendimento ligado ao Distrito Criativo Centro-Gare – busca desenvolver habilidades, por meio de cursos, seminários, workshops e palestras sobre empreendedorismo, criatividade, inovação, tecnologia, marketing e gestão.	03/08/2023	Dimensão 3 Busca de apoios para a capacitação dos empreendedores
O Distrito Criativo Centro-Gare ganha força com a assinatura da Lei Municipal nº 6.802, de 21 de setembro de 2023, que institui o Polo Histórico, Cultural, Turístico, Gastronômico e de Lazer. no V Belga Food Hall, localizado na Vila Belga, em Santa Maria. A medida vai trazer uma série de incentivos fiscais aos empreendimentos que visem à valorização patrimonial, arquitetônica, histórico-cultural, turística, do lazer, do convívio social e de entretenimento no território do Distrito Criativo, no Centro Histórico de Santa Maria.	23/10/2023	Dimensão 3 Busca de apoios para a capacitação dos empreendedores

Quadro 1: As ações no ano de 2023 do Distrito Criativo Centro-Gare (continuação)

Ação	Data	Dimensão
Inaugurado o EduTech - Centro Municipal de Inovação e Empreendedorismo Criativo. A Prefeitura, por meio da Secretaria de Educação, realizou a inauguração. O ambiente integrado e dinâmico ocupa três andares no Mercado da Vila Belga (Rua Manoel Ribas, 2.038), no Distrito Criativo Centro-Gare, no Centro, e possibilitará aos estudantes da Rede Municipal de Ensino (RME) uma formação complementar ao que ocorre nas escolas.O EduTech é um espaço voltado para o desenvolvimento integral dos estudantes da RME de Santa Maria. O espaço, nos três andares do Mercado da Vila Belga, dispõe de seis salas de aula mobiliadas e dois estúdios (um para captação de vídeo e outro para a captação e transmissão de áudio/podcast). O Núcleo de Tecnologia Educacional Municipal (NTEM), da Secretaria de Educação, também passa a integrar o espaço, ocupando todo o segundo andar do prédio, onde serão oferecidos cursos de formação tecnológica. No terceiro andar há um auditório para 80 pessoas e um terraço com uma vista da Gare e dos morros do entorno de Santa Maria.	23/11/2023	Dimensão 3 Busca de apoios para a capacitação dos empreendedores

O que podemos considerar, até o momento é que o Distrito Criativo se organiza a partir de ações que já existiam na região e têm perspectiva de fortalecimento ao longo do tempo, considerando que os partícipes dos comitês e ações estejam permeados por essas pessoas que desenvolvem a economia criativa na cidade. Além disso, o projeto movimentou uma serie de eventos, cursos, e ações para qualificar os empreendedores sobre economia criativa, como descrito na dimensão 3. Além disso, ações contempladas na dimensão 2 e 3 também foram incrementadas no ano de 2023.

Ainda, nesse mesmo sentido, as faces da cidadania de Cortina (2005) podem estar se desenvolvendo, se não ainda na totalidade, em momentos como na participação dos integrantes no apontamento de problemas e definição de objetivos (cidadania política), na capacitação constante para a qualificação e inserção no mercado formal de trabalho (cidadania social e econômica), na valorização intercultural (cidadania intercultural) que se dá na preservação da memória e da valorização das culturas na formação do município (embora ainda não inclua os povos originários).

6. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Um primeiro olhar no Plano de Ação do Distrito Criativo e aos relatório de atividades do ano de 2022, parecem demonstrar o interesse dos agentes em mobilizar o território do Distrito para a participação de grupos, englobando ações educacionais, culturais, sociais, entre outras. As possibilidades de inclusão ainda são insuficientes, mas considerando o tempo de criação e gestão do projeto (em média um ano e meio), parecem ter nos poucos meses, a sua justificativa.

O Distrito Criativo só irá contemplar os aspectos de cidadania se os grupos o entenderem como um local de pertencimento, onde o coletivo tem protagonismo. O conceito de cidadania é associado a construções do ambiente social, ao sentimento de pertencimento. Alguns dos objetivos estratégicos descritos na construção do Distrito, indicam os caminhos para a prática da cidadania, por exemplo, a criação dos comitês com

a participação da comunidade, a qualificação dos agentes que ali trabalham, a valorização de eventos que são oriundos da região, entre outros. Contudo, várias ações inclusivas já fazem parte do escopo do projeto, trazendo as comunidades para o centro das atividades e fazendo com que o Distrito Criativo seja uma bandeira dos indivíduos e da cidade e não de gestões públicas.

REFERÊNCIAS

[1] BOBBIO, Norberto. **O futuro da democracia**: uma defesa das regras do jogo. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

[2] CORTINA, Adela**. Cidadãos do mundo**: para uma teoria da cidadania. São Paulo: Edições Loyola, 2005.

[3] CUNHA, Carina Poli Lima da; YANAZE, Mitsuru Higuchi. Economia criativa, um paradigma de política pública contemporâneo? Uma discussão conceitual. Organicom, São Paulo, ano 12, n.23, p. 78 a 87, 2015. Disponível em <v. 12 n. 23 (2015): Comunicação e Economia Criativa | **Organicom** (usp.br)>. Acessado em Maio, 2022. (Artigo publicado eletronicamente). ISSN 2238-2593.

[4] DAGNINO, Evelina. Sociedade civil, participação e cidadania: de que estamos falando? In: MATO, Daniel (coord). **Políticas de ciudadanía y sociedad civil en tiempos de globalización**. Caracas: FACES, Universidad Central de Venezuela, 2004, pp. 95-110.

[5] _____. Os movimentos sociais e a emergência de uma nova noção de cidadania. In: DAGNINO, Evelina (org.). **Os anos 90**: política e sociedade no Brasil. São Paulo: Brasiliense, 1994.

[6] MADEIRA, Mariana Gonçalves. Economia criativa: implicações e desafios para a política externa brasileira. Brasília: FUNAG, 2014.

[7] OLIVEIRA, João Maria de; ARAÚJO, Bruno Cesar de; SILVA, Leandro Valério Silva. **Panorama da Economia Criativa no Brasil**. Texto para Discussão 1880. Rio de Janeiro: IPEA, 2013.

[8] PEREIRA, Fabiana. **Educar para a cidadania por meio da programação da tevê pública: a experiência da TVE de Porto Alegre/RS.** Santa Maria: UFSM, 2018. 219 p. Tese (doutorado) – Programa de Pós-graduação em comunicação midiática, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

[9] SECRETARIA DA ECONOMIA CRIATIVA. MINISTÉRIO DA CULTURA. Relatório de economia criativa 2010 : economia criativa uma, opção de desenvolvimento. São Paulo: Itaú Cultural, 2012.

[10] TESTONI, Beatriz Maria Vicente. O que são distritos criativos? Via Estação Conhecimento, 2018. Disponivel em: https://via.ufsc.br/o-que-sao-distritos-criativos/ Acessado em 10 de junho de 2023.

[11] UNCTAD. Creative Economy Report 2010 - **Creative Economy**: A Feasible Development Option. Genebra: Unctad, 2010.

[12] UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTUTRAL ORGANIZATION (UNESCO). **Measuring the economic contribution of cultural industries** A review and assessment of current methodological approaches. Quebec: UNESCO Institute for Statistics, 2012.

[13] ZAGANELLI, Bárbara Martins; GANTOS, Marcelo Carlos. Economia laranja e comunicação: uma nova partilha do valor da informação na era da criatividade. Organicom, São Paulo, ano 12, n.23, p. 88 a 97, 2015. Disponível em <v. 12 n. 23 (2015): Comunicação e Economia Criativa | **Organicom** (usp.br)>. Acessado em Maio, 2022. (Artigo publicado eletronicamente). ISSN 2238-2593.

Capítulo 5

Qualidade da água para consumo humano: regressão logística múltipla para previsão da ausência e presença de Escherichia coli

Cícero Fellipe Diniz de Santana
Walker Gomes Albuquerque
Fernanda Pereira de Souza

Resumo: A água é um recurso natural essencial para a vida, sendo utilizada para diversas finalidades, destacando-se a água destinada para o consumo humano, que deve ser potável e livre de contaminantes de qualquer natureza, tendo em vista ser um veículo de transmissão de doenças, impactando diretamente na saúde da população. Desta forma, neste estudo realizou-se um diagnóstico da qualidade da água do açude que abastece o município de Major Sales, no Rio Grande do Norte e é destinada para o consumo humano. A água coletada foi submetida a análises físico-químicas e microbiológicas de acordo com a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-24º edição e seus resultados foram submetidos à análise estatística de regressão logística múltipla. Os resultados mostraram que a análise estatística de regressão logística múltipla se demonstrou efetiva para diagnostico da qualidade da água. Conclui-se que o modelo de regressão logística múltipla desenvolvido para prever ausência ou presença de *Escherichia Coli* na água para os sistemas de abastecimento é de grande importância, na qual os parâmetros pH e turbidez demonstram eficácia como indicadores de qualidade da água e na medição do risco que o sistema está submetido.

Palavras-chave: Qualidade da água, regressão logística múltipla.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para a manutenção da vida na Terra. O monitoramento de sua qualidade é uma necessidade global, que requer a atenção dos órgãos de fiscalização sanitária e dos consumidores em geral, principalmente no que concerne à água para consumo humano, uma vez que a mesma pode se tornar um veículo de transmissão de patógenos, influenciando diretamente no bem estar e na saúde da população (ARAÚJO et al., 2011; WANG et al., 2014).

Para determinar se uma água está própria ou não para consumo humano, alguns fatores devem ser considerados. A água deve ser cristalina e isenta de materiais orgânicos visíveis aos olhos e paladar humano, bem como fatores imperceptíveis como os parâmetros físico-químicos, que uma vez em desequilíbrio, indicam comprometimento da qualidade da água e acarretam complicações à saúde humana (DANIEL; CABRAL, 2011).

O acesso a uma água potável do ponto de vista microbiológico, é essencial para a promoção da saúde. A segurança microbiológica da água está relacionada à contaminação fecal, que pode acabar contaminando as fontes de abastecimento. Uma falha no acesso da água potável pode deixar a população exposta à riscos sanitários, contribuindo para o desencadeamento de doenças de transmissão hídrica (DANIEL; CABRAL, 2011; MOTTA et al., 2014; BRASIL, 2016; COELHO et al., 2017; WHO, 2017; MENDONÇA et al., 2019;).

O método mais utilizado no Brasil para a desinfecção da água é a cloração, visando a inativação de organismos patogênicos. A sua monitoração é realizada a partir da presença e quantificação do cloro residual livre na distribuição da água à população (DANIEL; CABRAL, 2011; BRASIL, 2016). Outro parâmetro analisado é a turbidez, que é um indicador da eficiência da filtração, através da remoção de partículas suspensas. A *Escherichia Coli* e os coliformes totais são biomarcadores de contaminação. A *E. Coli* indica contaminação fecal recente e a presença de coliformes totais, na saída do tratamento e/ou na rede de distribuição, indicam falhas na desinfecção ou problemas na integridade da rede (DANIEL; CABRAL, 2011; SILVA; LOPES; AMARAL, 2016; KROLOW et al., 2018; BRASIL, 2021).

Diante da considerável necessidade de acesso da população à uma água potável para consumo humano, tendo em vista os riscos elevados que uma água sem tratamento pode trazer para a saúde humana, torna-se primordial o conhecimento da qualidade da água, sendo possível identificar falhas na potabilidade e contribuir para o desenvolvimento de ações de caráter corretivo, aliada a prevenção e promoção da saúde da população.

Dessa maneira, objetivou-se neste trabalho desenvolver um modelo estatístico de regressão logística múltipla que prevê a ausência ou presença de *E. Coli* na água. Trata-se de um artigo baseado em uma dissertação de mestrado que está em desenvolvimento e pertence ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais na modalidade Mestrado Profissional da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no município de Major Sales, Rio Grande do Norte, situada na região do Alto Oeste Potiguar, com população de 3.536 pessoas, de acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2010).

Para a realização deste trabalho foram coletadas 36 amostras de água diretamente da torneira da cozinha das residências que utilizam a água advinda do açude como única

fonte de abastecimento para consumo humano e higienização de alimentos, sem nenhum tipo de tratamento sanitário, excluindo outras fontes para consumo humano, como água de poço ou água mineral.

Considerou-se como critério para escolha dos pontos de coleta, bairros da periferia da cidade, sendo: o ponto de coleta 1 (P1) correspondente ao Bairro Bom Jardim, na qual foram coletadas 22 amostras (ponto de chegada da água mais distante do manancial) e o ponto de coleta 2 (P2) correspondente ao Bairro Pôr do Sol, onde foram coletadas 14 amostras (ponto de chegada da água mais próximo do manancial), perfazendo um total de 36 amostras (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta da água

Fonte: Google Earth e autor - 18/05/2023.

As amostras foram coletadas e analisadas de acordo com os padrões estabelecidos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24° edição. Para as análises microbiológicas foram utilizados frascos estéreis apropriados com capacidade de 100ml, contendo um comprimido de tiossulfato de sódio, adquiridos em site especializado e para as análises físico-químicas foram utilizadas garrafas plásticas descartáveis com capacidade de 500ml, adquiridas em casa de venda de embalagens plásticas e não sofreram qualquer tipo de preparação específica.

As coletas foram realizadas no horário da manhã, no mês de março de 2023 em dias distintos para cada bairro. Após as coletas, todas as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas e transportadas num prazo máximo de 4 horas para o Laboratório de Análises de Água, na Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB.

Foram realizadas as seguintes análises em duplicata: microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia Coli*) e físico-químicas (Demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais dissolvidos, turbidez, dureza total, alcalinidade, condutividade elétrica e pH).

Para a análise dos dados, criou-se um modelo estatístico de regressão logística múltipla, que prevê a ausência ou presença de E. Coli na água.

A equação da regressão logística é uma forma matemática usada para modelar a relação entre variáveis independentes e uma variável dependente binária (ou seja, que possui dois possíveis resultados, como 0 e 1). É frequentemente utilizada em problemas de classificação, nos quais se deseja prever a probabilidade de uma observação pertencer a uma das duas classes (DA SILVA et al., 2023). A equação da regressão logística é expressa da seguinte forma:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_n x_n$$

Nesta equação p é a probabilidade de a variável dependente pertencer à classe 1; $1 - p$ é a probabilidade de pertencer à classe 0; log é a função logarítmica natural (base e); β_0 é o coeficiente de intercepção, representando o valor da função quando todas as variáveis independentes são iguais a zero; $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n$são os coeficientes das variáveis independentes $x_1, x_2, \ldots, x_n$, respectivamente, que indicam como as variáveis independentes influenciam a *log-odds* (logaritmo das chances) da variável dependente; $x_1, x_2, \ldots, x_n$ são os valores das variáveis independentes que estão sendo usados para fazer a previsão.

O lado esquerdo da equação $\log\left(\frac{p}{1-p}\right)$ é conhecido como "*logit*" ou "*log-odds*", que é uma transformação que leva as probabilidades entre 0 e 1 e as mapeia para toda a linha real. O objetivo ao ajustar uma regressão logística é determinar os coeficientes $\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_n$ que melhor se ajustam aos dados observados. Isso é feito através de técnicas de otimização que minimizam a diferença entre as probabilidades previstas pela equação da regressão logística e as probabilidades reais observadas nos dados de treinamento (DA SILVA et al., 2023).

A regressão logística múltipla é uma técnica de modelagem estatística, onde a variável dependente é modelada como uma função logística das variáveis independentes, utilizando o método de máxima verossimilhança para estimar os parâmetros do modelo.

Os parâmetros do modelo são interpretados como os efeitos das variáveis independentes na probabilidade de ocorrência da variável dependente. Para medir a acurácia do modelo de regressão logística utiliza-se a curva ROC (Receiver Operating Characteristic), que é um gráfico que permite avaliar o desempenhode um modelo de classificação binária em diferentes limiares de decisão.

Essa curva é traçada no plano cartesiano, onde o eixo x representa a taxa de falsos positivos (1 - especificidade) e o eixo y representa a taxa de verdadeiros positivos (sensibilidade). Para analisar uma curva ROC, é importante levar em consideração a forma da curva e a sua proximidade com a diagonal (linha pontilhada) que representa um modelo aleatório.

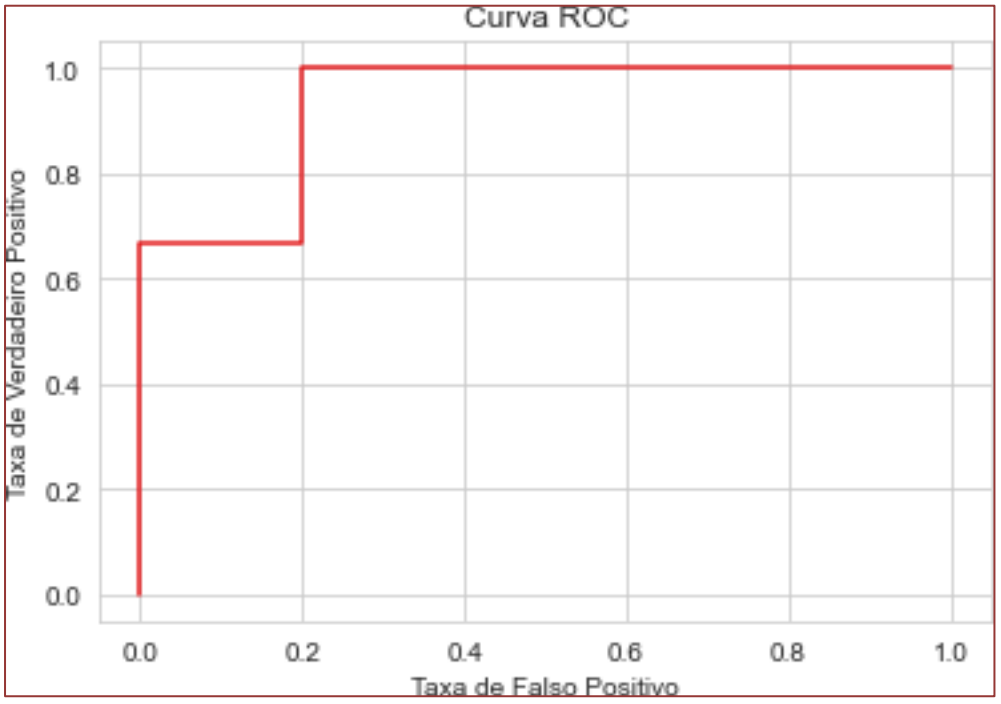
3. RESULTADOS

A previsão da presença ou ausência de E. Coli utilizando o modelo de regressão logística apresentou resultados significativos para os parâmetros físico-químicos analisados. Os coeficientes obtidos foram os seguintes: -0.089 para DBO, 0.01 para STD, 0.534 para Turbidez, 0.024 para Dureza, -0.137 para Alcalinidade, -0.01 para Condutividade e 0.611 para pH. Ao observar esses valores, podemos inferir que o pH é o parâmetro mais relevante para a previsão da presença de E. Coli, seguido pela turbidez. Isso indica que

esses dois parâmetros têm uma influência mais significativa na presença da bactéria. Por outro lado, os demais parâmetros apresentaram valores negativos, sugerindo uma relação inversamente proporcional com a presença de E. Coli.

Os resultados da análise de desempenho do modelo de regressão logística foram avaliados usando a curva ROC. A Figura 2 apresenta a curva ROC, que proporciona uma visualização gráfica dos resultados e reforça a qualidade do modelo de regressão logística.

Figura 2 – Curva ROC do modelo desenvolvido



Fonte: Autores, 2022.

A curva ROC próxima do canto superior esquerdo é um indicador encorajador, demonstrando que o modelo possui uma alta capacidade discriminatória. Isso significa que o modelo é capaz de distinguir com precisão as classes positivas (presença de E. Coli) e negativas (ausência de E. Coli) com alta sensibilidade e especificidade.

A acurácia de 0.875 indica que o modelo acertou aproximadamente 87.5% das previsões em geral. A precisão de 0.75 significa que o modelo acertou 75% das amostras classificadas como positivas (presença de E. Coli). O recall de 1.0 sugere que o modelo identificou corretamente todas as amostras positivas. O F1-score de 0.857 é uma métrica que combina precisão e recall e fornece uma avaliação equilibrada do modelo. Por fim, a AUC de 0.933 confirma a excelência da capacidade discriminatória do modelo, validando ainda mais seus resultados.

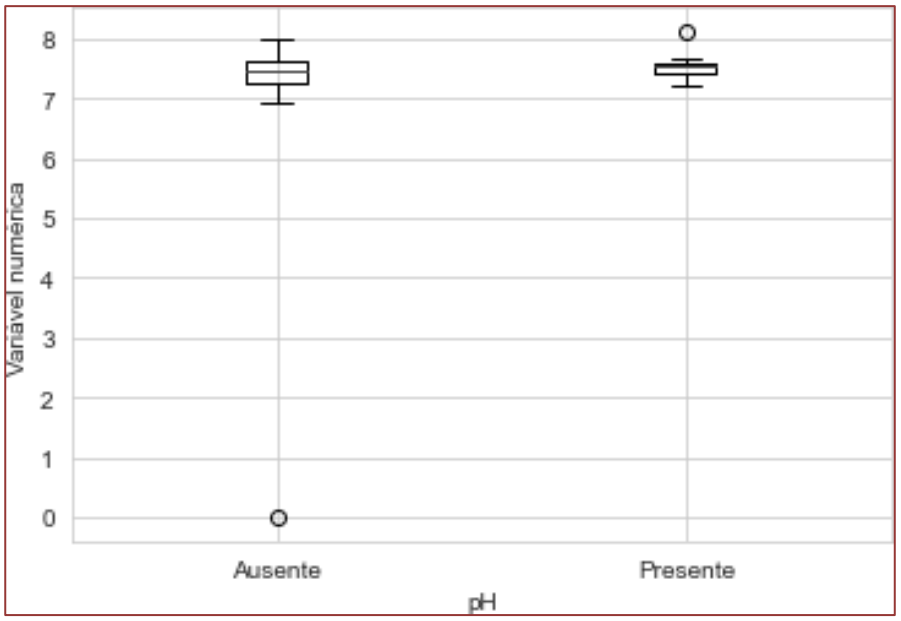
Contudo, é importante mencionar que, embora os resultados sejam promissores, é fundamental considerar algumas limitações. Por exemplo, a análise se baseou em um conjunto específico de parâmetros físico-químicos, e a inclusão de outras variáveis relevantes pode aprimorar ainda mais o modelo. Além disso, detalhes sobre o tamanho da

amostra, o processo de coleta de dados e possíveis fontes de viés devem ser abordados para garantir a confiabilidade dos resultados.

O gráfico Boxplot, também conhecido como diagrama de caixa, é uma técnica estatística que permite visualizar a distribuição dos dados de forma resumida, permitindoa identificação de valores discrepantes e a comparação entre diferentes grupos de dados, que podem indicar a presença de eventos ou condições anormais na qualidade da água.

Na Figura 3 é possível observar o gráfico de Box Plot, para o comportamento da variável pH na ausência e presença de E. Coli.

Figura 3 – Gráfico Box Plot para o comportamento do pH



Fonte: Autores, 2022.

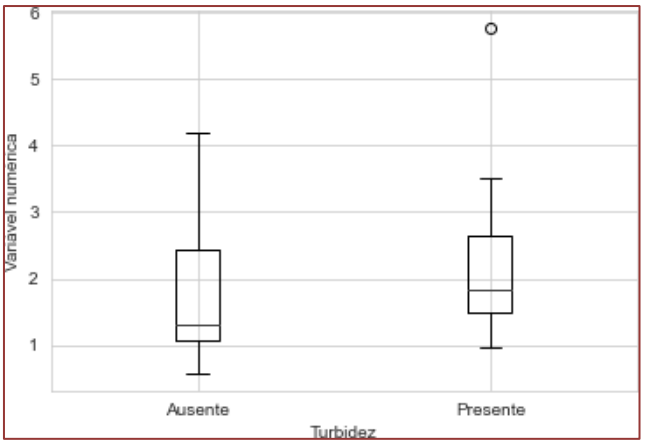
Para o pH, foi realizado o teste de Teste de Mann-Whitney, que é uma análise não paramétrica utilizada para comparar duas amostras independentes e determinar se elas têm origem em populações diferentes. Neste estudo, o teste foi aplicado para investigar a existência de diferença entre as medianas dos grupos com presença e ausência de E. Coli, haja vista sua importância para a previsão.

Após a realização do teste, o valor de p foi encontrado como 3.683 * 10^-13. Esse valor é extremamente baixo, indicando que a probabilidade de obter tais resultados a partir de duas amostras provenientes da mesma população é extremamente improvável. Portanto, com base na análise do Teste de Mann-Whitney, conclui-se que há uma diferença significativa entre as medianas dos grupos comparados.

A detecção de diferenças entre as medianas dos grupos pode indicar que as amostras pertencem a diferentes populações, e essa diferenciação pode ser relevante para a compreensão de variáveis e fatores envolvidos no fenômeno investigado.

Na Figura 4 é possível observar o gráfico de Box Plot, para o comportamento da variável Turbidez na ausência e presença de E. Coli.

Figura 4 – Gráfico Box Plot para o comportamento da Turbidez



Fonte: Autores, 2023.

O resultado do teste para a Turbidez revelou um valor de estatística U de 52.0, juntamente com um valor extremamente baixo de p, 3.978 * 10^-12. Esse valor de p muito pequeno indica que a probabilidade de obter os resultados observados a partir de amostras provenientes da mesma população é extremamente improvável.

Assim, com base na análise do Teste de Mann-Whitney, podemos concluir que há uma diferença altamente significativa entre as medianas dos grupos comparados. Essa diferença sugere fortemente que as amostras analisadas não foram retiradas da mesma população.

É fundamental destacar que o Teste de Mann-Whitney é uma ferramenta robusta para realizar comparações não paramétricas, sendo especialmente útil quando os dados não seguem uma distribuição normal ou quando os tamanhos das amostras são pequenos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo científico apresentou um modelo de regressão logística com uma análise apropriada utilizando a curva ROC para medir a acurácia. A curva ROC próxima do canto superior esquerdo é um indicador positivo de um bom desempenho do modelo e alta capacidade discriminatória. Isso significa que o modelo consegue distinguir bem entre as classes positivas e negativas, com alta sensibilidade e especificidade.

O modelo de regressão logística demonstrou um bom desempenho na previsão da presença ou ausência de E. Coli, com o pH e a turbidez se destacando como os parâmetros mais relevantes. Os resultados das métricas de desempenho reforçam a eficácia do modelo, proporcionando uma base sólida para futuras aplicações e estudos relacionados. No entanto, é importante continuar refinando o modelo e considerando suas limitações para obter resultados mais robustos e generalizáveis.

O resultado do Teste de Mann-Whitney apresentado neste estudo reforça a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre as medianas dos grupos investigados. Esse achado é crucial para a interpretação adequada dos dados e contribui para o avanço do conhecimento científico relacionado às variáveis estudadas

Conclui-se que o modelo de regressão logística múltipla desenvolvido para prever ausência ou presença de E. Coli na água para os sistemas de abastecimento é de grande importância, na qual os parâmetros pH e turbidez demonstram eficácia como indicadores de qualidade da água e na medição do risco que o sistema está submetido.

REFERÊNCIAS

[1] ARAÚJO, G. F. R; TONANI, K. A. A.; RAGAZZI, M. F.; JULIÃO, F. C.; SAMPAIO, C. F.; CARDOSO, O. O. **Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo**. O Mundo da Saúde, v. 35, 2011.

[2] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: MS. 2016. 51p.

[3] BRASIL. **Portaria GM/ MS nº 888 do Ministério da Saúde de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

[4] COELHO, S.C.; DUARTE, A. N.; AMARAL. L. S.; SANTOS, P. M.; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A.; SOTERO-MARTINS, A. **Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em comunidade rural na cidade de São Luís, MA,** Brasil. Rev. Ambient. Água, v.12, n.1, p.156-167, 2017.

[5] DA SILVA, K. P. T.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Detection of unauthorized consumption in water supply systems: A case study using logistic regression. **Utilities Policy**, v. 84, p. 101647, 2023.

[6] DANIEL, M.H.B.; CABRAL, A.R. **A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM).** Cad. Saúde Colet., v.19, n.4, p.487-492, 2011.

[7] KROLOW, I.R.C.; KROLOW, D. R. V.; SANTOS, D. R.; CASALI, C. A.; MULAZZANI, R. P.; ZANELLA, R. **Qualidade da água de poços tubulares utilizada no abastecimento de escolas rurais na Região Central do Rio Grande do Sul**. Revista Thema, v.15, n.4, p.1425-1441, 2018.

[8] MENDONÇA, F.C.; ALMEIDA, R. S.; OLIVEIRA, D. F.; SANTOS, A. G. **Avaliação da qualidade de água para consumo humano em fonte subterrânea na Região do Recôncavo da Bahia**. Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, v.33, n.4, p.1-8, 2019.

[9] MOTTA, J.G.; BECKHAUSER, A.; FREITAG, G.; PELISSER, M. R. **Qualidade da Água Subterrânea na Região do Médio Vale do Itajaí –** SC. Cient Ciênc Biol Saúde, v.16, n.4, p.283-291, 2014.

[10] SILVA, L.J.; LOPES, L.G.; AMARAL, L.A. **Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP.** Eng Sanit Ambient, v.21, n.3, p. 615-622, 2016.

[11] WANG, H.; MASTERS, S.; EDWARDS, M. A.; FALKINHAM III, J. O.; PRUDEN, A. **Effect of disinfectant, water age, and pipe material son bacterial and eukaryotic community structure in drinking water biofilm**. Environmental Science & Technology, v. 48, n. 3, p. 1426-1435, 2014.

[12] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Geneva. 542p. 2017.

Capítulo 6

Avaliação da qualidade da água captada do Rio Colônia, Itororo-BA

Aline Cândida dos Santos
Edmilson Dutra Amorim
Ramon Barros de Oliveira
Flávia Mariani Barros
Fabiany Cruz Gonzaga
Alexilda Oliveira de Souza

Resumo: A preservação dos recursos hídricos tem sido alvo de atenção por diversos setores da sociedade, pois a água é um dos recursos naturais mais importantes e extensamente utilizados pelo ser humano. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi fazer uma avaliação acerca da qualidade da água do Rio Colônia, localizado no município de Itororó-BA. Para tanto, determinou-se alguns parâmetros físico-químicos em amostras da água bruta captada para tratamento e posterior distribuição para o abastecimento do munícipio. O estudo foi realizado com base nos parâmetros físico-químicos: pH, cor aparente, turbidez, dureza total, alcalinidade e acidez carbônica. A coleta foi realizada na calha Parshall situada na estação de tratamento do munícipio, durante os meses de maio, junho e julho de 2023. A partir dos resultados encontrados, notou-se que a água do Rio Colônia apresentou boa qualidade considerando o que estabelece a legislação vigente para água doce classe 2. Após o tratamento realizado na Estação de Tratamento da cidade, com vistas ao abastecimento público, verificou-se que todos os parâmetros atenderam a Portaria GM/MS N°888 de 4 de maio de 2021, a qual define os padrões de **potabilidade** de **água** para consumo humano. O presente estudo foi importante para caracterizar a água do Rio Colônia e avaliar a sua qualidade ao comparar com os padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores. Além disso, poderá vir a ser utilizado como material de divulgação, considerando o estabelecido no Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA lançado pela Agência Nacional de Águas, contribuindo para a conscientização da importância da gestão sustentável dos recursos hídricos, bem como da sua preservação.

Palavras-chave: Captação de água, qualidade dos recursos hídricos, preservação dos rios.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, renovável e abundante no planeta. Todos os organismos vivos necessitam de água para a sua sobrevivência e desenvolvimento. As reservas globais de água são da ordem de 1,4 milhões de km^3, cobrindo em torno de 71% da superfície da Terra, dos quais cerca de 97,5% dessa quantidade é constituída por água salina e os 2,5% restantes são de água doce. Desse total, apenas 0,014% estão diretamente disponíveis para os seres humanos e outros organismos (PATIL et al., 2012; MAHMOUD et al., 2014; HOLDEN, 2019). Além da baixa disponibilidade, os recursos hídricos que são fonte de água natural para consumo vêm sofrendo com diversas formas de contaminação.

O crescimento populacional e a rápida urbanização são fatores que exercem forte pressão sobre os ecossistemas aquáticos. Além disso, a expansão industrial, com vistas a atender às necessidades da população, bem como o uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas na agricultura têm colocado em risco a qualidade dos recursos hídricos, pois promovem a poluição de águas residuais e, posteriormente, das águas naturais atingindo rapidamente o lençol freático e até mesmo os rios e reservatórios que abastecem as cidades (HEMMATI et al., 2020). Com isso, muitas localidades ficam sem acesso à água com qualidade adequada para atender às necessidades para o consumo.

A poluição das águas dos rios é um dos mais graves problemas ambientais, especialmente nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. A água oriunda dos rios é a principal fonte para consumo e uso doméstico, agrícola, comercial, industrial e recreativo. A gestão da qualidade da água depende de políticas rígidas de controle para descarte de resíduos sólidos, águas residuais, águas pluviais e padrões de águas residuais tratadas ou não tratadas, o que requer investimento e tempo para alcançar os indicadores de qualidade. Portanto, os planos de gestão da água devem considerar estratégias e políticas sustentáveis, com vistas à remediação satisfatória da água poluída (MD ANAWAR; CHOWDHURY, 2020).

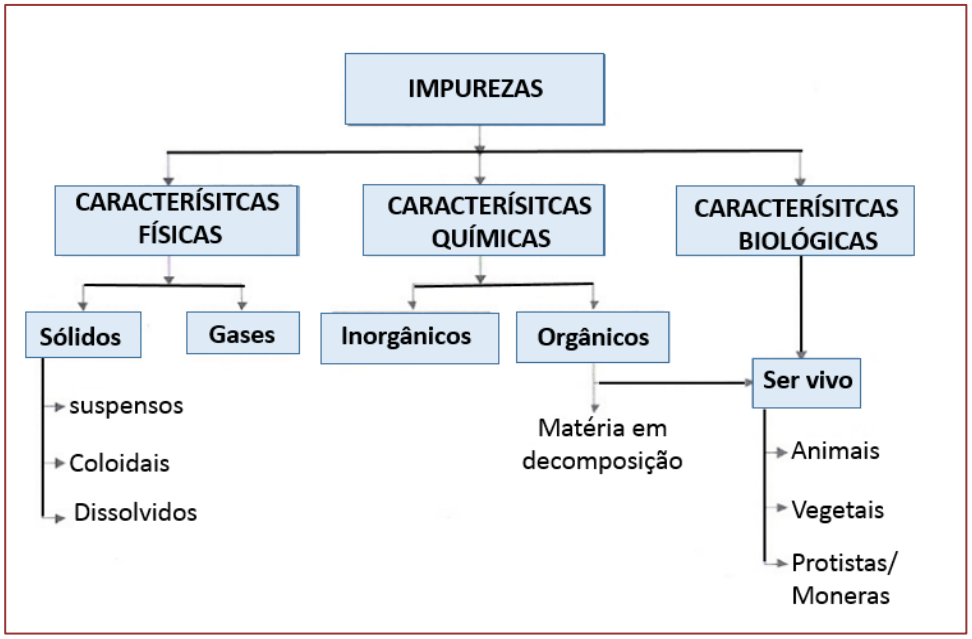
Poluentes comuns, como matéria orgânica, metais tóxicos e patógenos quando presentes nos recursos hídricos são frequentemente prejudiciais para os seres vivos e afetam o ecossistema. Esses contaminantes são normalmente oriundos de resíduos domésticos, resíduos industriais e de águas residuais. Além dos contaminantes tradicionais, estudos recentes têm descrito a ocorrência de poluentes emergentes (PEs) no ambiente aquático graças ao avanço das tecnologias de detecção (ARMAN et al., 2021; ROHITASHW et al., 2022; ANH et al., 2023). Os PEs podem persistir no ambiente aquático, bioacumular e causar diversos problemas de saúde, tais como câncer, redução da fertilidade, problemas neurológicos, além de causarem alterações na reprodução de aves e peixes (LIMA et al., 2019; ARMAN et al., 2021). No entanto, os programas de monitoramento da qualidade da água de rios são concentrados principalmente nos contaminantes tradicionais porque falta regulamentação e infraestrutura adequada para detecção e tratamento desses contaminantes.

A qualidade da água de rios é um fator essencial para o gerenciamento desse recurso natural e pode ser avaliada a partir de parâmetros físicos, químicos e biológicos (SATUDIAN, et al., 2016). A avaliação desses parâmetros fornece informações importantes sobre a tendência na qualidade da água, permitindo que os órgãos de controle possam estabelecer ações de recuperação e preservação.

No tocante às impurezas comumente encontradas em corpos d'água, na Figura 1 está apresentado um resumo descrevendo as características principais de poluentes físicos, químicos e biológicos (CETESB, 2018). Os parâmetros físicos são a variação de

temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e série de sólidos. Já os parâmetros químicos englobam pH (Potencial Hidrogeniônico) como acidez e alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (COT), série de nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato), fósforo, óleos e graxas, surfactantes, sulfatos, cloretos, ferro, manganês, fenóis e metais. Nos parâmetros biológicos fazem parte os coliformes termotolerantes, Escherichia coli (E. coli), *Giardia spp. e Cryptosporidium spp*, (CETESB, 2018).

Figura 1. Características das impurezas comumente encontradas na água



Fonte: Cetesb (2018).

O bem-estar humano e o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável dependem da gestão adequada dos ecossistemas. Dessa forma, o comprometimento dos governantes com a gestão dos recursos hídricos é essencial para garantir o uso sustentável e eficiente desse recurso natural. Em diversas abordagens que tratam da gestão dos recursos hídricos, recomenda-se considerar todo o ciclo da água, o impacto das alterações climáticas sobre os recursos hídricos e o crescimento populacional. Entretanto, a adoção de uma abordagem para uma determinada localidade deve levar em conta o contexto local, considerando fatores importantes como disponibilidade de água, condições socioeconômicas e ambientais. As questões hídricas são globais e podem variar dependendo da região (ARMAS, et al., 2023).

No Brasil, o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA, lançado pela Agência Nacional de Águas, tem como objetivo a ampliação do conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais do país, de forma a orientar a elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'agua interiores como rios e reservatórios, contribuindo assim com a gestão sustentável dos recursos hídricos (Agência Nacional de Águas - ANA).

De acordo com as orientações do PNQA, os dados sobre recursos hídricos, sejam de quantidade ou qualidade, devem ser públicos. Todavia, é preciso disponibilizar não

somente os dados, mas também as avaliações relativas aos dados, de forma a transformá-los em informações, que poderão ser utilizadas pela sociedade, para que essa tenha condições de exigir dos agentes públicos a gestão adequada dos recursos hídricos. Dessa forma, de acordo com a ANA (2023), pretende-se criar um canal de divulgação, por meio do Portal do Programa em referência, das informações sobre qualidade de água no país. Ademais, serão divulgados relatórios periódicos consolidando as avaliações de qualidade de água em âmbito nacional e no âmbito das Unidades da Federação.

Diante do exposto, a relevância desse estudo está pautada na avaliação e divulgação dos resultados acerca da qualidade da água do Rio Colônia localizado no município de Itororó-Bahia. Para tanto, determinou-se alguns parâmetros físico-químicos em amostras da água bruta captada para tratamento e posterior distribuição para o abastecimento do munícipio.

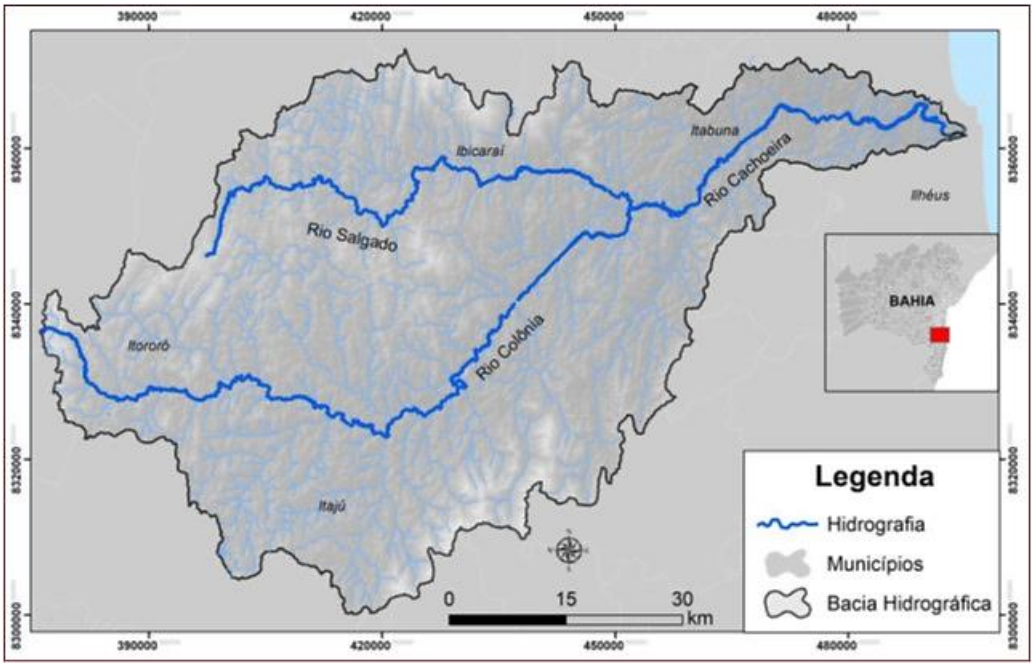
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O Rio Colônia tem a sua nascente na Serra de Ouricana na cidade de Itororó na Região Sudoeste da Bahia, tem 120 km de extensão e banha as cidades de Bandeira do Colônia (município de Itapetinga), Itororó, Itaju do Colônia, Itapé, Itabuna, Floresta Azul e Ibicaraí. Com uma Bacia Hidrográfica de 2.339 km^2, a sua foz é na Baía do Pontal em Ilhéus (SILVA et al.,2019).

Como pode ser visto na Figura 2, a bacia hidrográfica do Rio Colônia caracteriza-se como uma sub-bacia do complexo hidrográfico da bacia do Rio Cachoeira e abrange os munícipios destacados anteriormente que fazem parte da região Sudoeste da Bahia e do Litoral Sul da Bahia (Silva et al., 2011).

Figura 2. Complexo hidrográfico da bacia do Rio Cachoeira



Fonte: Silva et al., 2019.

2.2. COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

O trabalho em pauta foi conduzido em parceria com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) situado na cidade de Itororó-Bahia. As amostras de água bruta avaliadas foram coletadas na calha Parshall (Figura 3) durante os meses de maio, junho e julho de 2023. O local da coleta fica na estação de tratamento do SAAE e a calha Parshall é onde se mede a vazão da água antes da adição diária do coagulante sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ por volta das 08:00 horas da manhã.

Para a coleta, foram utilizadas garrafas de polietileno de um litro previamente lavadas e descontaminadas com solução de HNO_3 10% (v/v). No dia da coleta realizou-se a ambientalização dos frascos, acondicionou-se as amostras e realizou-se as análises físico-químicas no laboratório do SAAE. Foram realizadas três coletas por semana, perfazendo um total de 12 coletas em cada mês avaliado (maio-2023, junho-2023 e julho-2023).

Figura 3. (a) Calha Parshall e (b) Tanques de tratamento de água no SAAE

(a) (b)

Fonte: Autores.

2.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

A qualidade da água captada do Rio Colônia para tratamento e posterior distribuição foi avaliada a partir dos parâmetros físico-químicos: pH, cor aparente, turbidez, alcalinidade, dureza total e acidez carbônica (CO_2 livre). As medidas foram conduzidas de acordo com as técnicas recomendadas pelo American Public Health Association (APHA): Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2012).

As medidas de pH, turbidez e cor aparente foram realizadas por medidas direta em equipamentos de bancada. O pH foi determinado através do pHmetro microprocessado digital DL-PH. A medida de turbidez foi conduzida em um turbidímetro digital microprocessado, marca DELLAB. Para realizar a análise de cor utilizou-se o colorímetro microprocessado digital DLA.

A alcalinidade foi obtida por volumetria de neutralização empregando-se ácido sulfúrico 0,01 mol/L e o indicador verde de bromocresol.

Determinou-se a dureza total por volumetria de complexação com EDTA sódico e o indicador metalocrômico, negro de Eriocromo T.

A determinação da acidez foi conduzida por volumetria de neutralização empregando solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L e o indicador fenolftaleína.

Os dados obtidos foram tabulados e tratados utilizando o programa Excel do Microsoft Office 365. Foram calculados os valores médios de cada parâmetro analisado, o desvio padrão, máximo e mínimo, bem como o coeficiente de variação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram analisados levando em consideração o que dispõe a Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005) e pela Portaria GM/MS N°888 de 4 de maio de 2021, a qual define os padrões de potabilidade de água para consumo humano (BRASIL, 2021).

De acordo com o CONAMA, para os corpos d'água que ainda não possuem enquadramento, as águas doces serão consideradas como classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (BRASIL, 2005). Dessa forma, os resultados obtidos serão avaliados de acordo com o estabelecido para classe 2.

Os resultados obtidos para as amostras de água bruta avaliadas estão destacados na Tabela 1 e nas Figuras 4 a 9.

Tabela 1. Resultados dos parâmetros físico-químicos para a água bruta

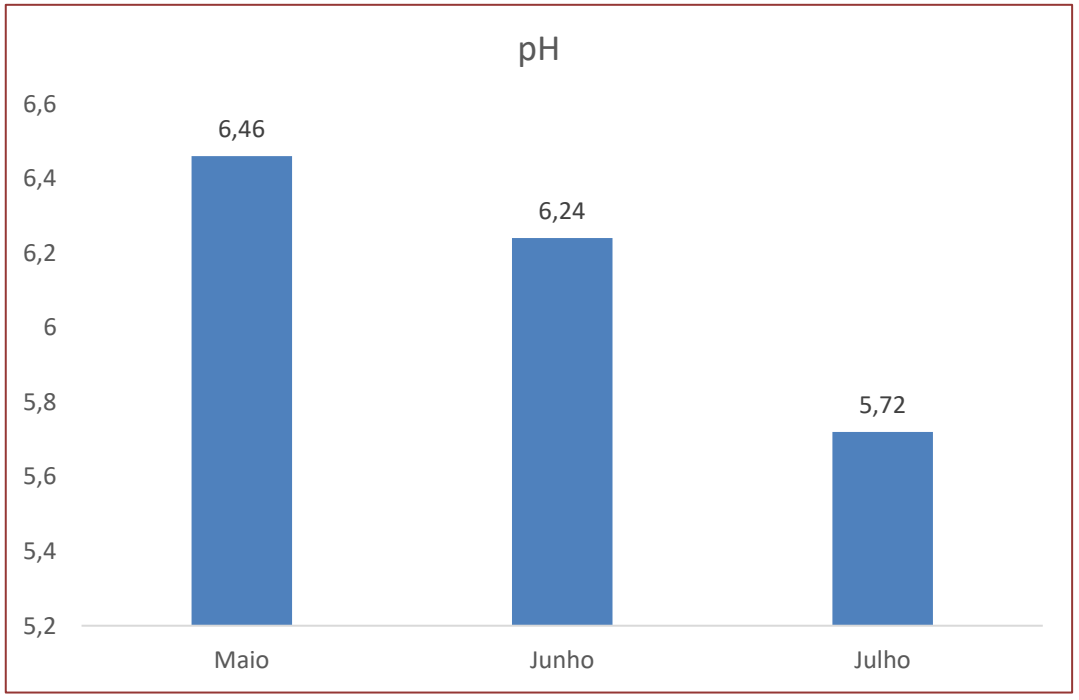
Parâmetros*						
Mês	**pH**	**Cor aparente (uH)**	**Turbidez (UNT)**	**Dureza Total ($mg.L^{-1}$)**	**Alcalinidade ($mg.L^{-1}$)**	**Acidez Carbônica ($mg.L^{-1}$)**
Maio	6,46±0,28	53,70±11,48	11,80±1,55	21,20±4,54	19,92±2,92	18,58±3,62
Junho	6,24±0,62	88,40±40,15	17,01±8,26	47,60±6,76	18,60±2,07	11,41±2,27
Julho	5,72±0,52	44,12±7,76	8,70±1,67	17,25±2,46	16,17±5,13	12,78±2,23
CONAMA Classe 2**	6,0<pH<9,0	---	<100 UNT	---	---	---

*Valores expressos em média ± desvio-padrão

**CONAMA (BRASIL, 2005)

De acordo com os resultados obtidos para o parâmetro pH, verificou-se valores médios de 6,46; 6,24 e 5,72, respectivamente, para os meses de maio, junho e julho. Nos meses de maio e junho o resultado obtido estava de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL,2005), segundo a qual o padrão de qualidade referente a pH deve ter valor de 6 a 9. Por outro lado, o pH encontrado para o mês de julho estava um pouco abaixo do padrão estabelecido, apresentando-se mais ácido. A maior acidez evidenciada pode ser atribuída a maiores concentrações de CO_2 e de ácidos orgânicos dissolvidos que promovem a redução do pH. Normalmente, a água natural apresenta pH na faixa de 6,5 – 8,5. Estes valores podem sofrer ligeiras variações sazonais, mas uma mudança repentina pode indicar poluição industrial. De acordo com Kumar e Prabhahar (2012), águas altamente ácidas ou altamente alcalinas são indesejáveis devido aos riscos de corrosão ou incrustações provocando dificuldades no tratamento. A Figura 4 ilustra a variação dos valores médios de pH para o período avaliado.

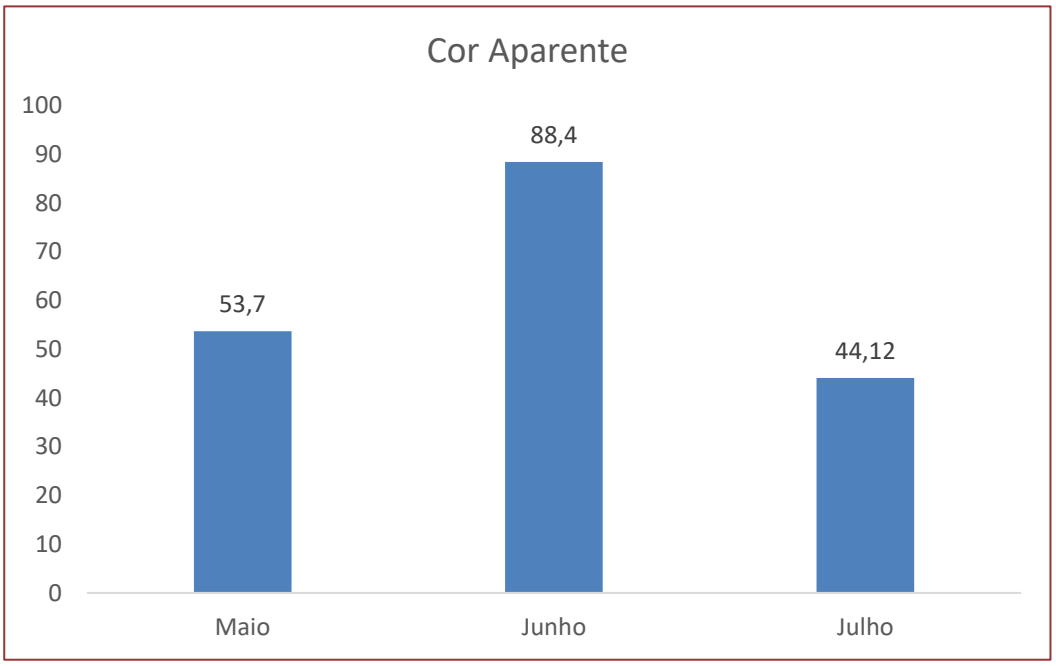
Figura 4. Variação do valor médio para o parâmetro pH



Fonte: Autores.

Considerando o parâmetro cor aparente, verificou-se que os resultados variaram entre os meses estudados exibindo valores médios de 53,70 uH; 88,40 uH e 44,12 uH para os meses de maio, junho e julho, respectivamente. Notou-se um aumento em torno de 60% para o mês de junho em comparação com o mês de maio e no mês de julho ocorreu uma queda em torno de 50%. A Figura 5 ilustra a variação dos valores médios encontrados para cor aparente no período estudado. Considerando que o mês de junho foi o período mais chuvoso entre os três meses avaliados, provavelmente esse fator promoveu alterações na cor da água.

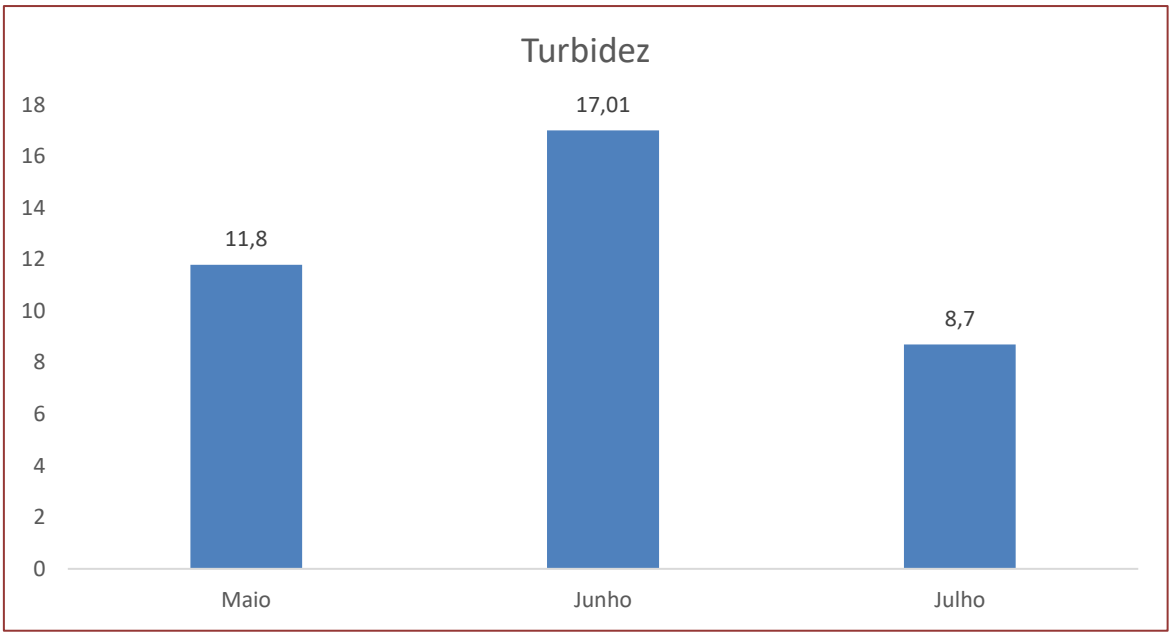
Figura 5. Variação do valor médio para o parâmetro cor aparente



Fonte: Autores.

A turbidez da água é um indicador óptico de qualidade, relacionado à concentração de partículas em suspensão (HUANG, et al., 2021). A turbidez pode ser descrita como o grau de atenuação na intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la. Nesse processo, a luz se espalha sendo absorvida ao invés de ser transmitida (BARROS, et al., 2011; MALIK, 2018). As principais causas da turbidez na água incluem argila, lodo e microrganismos. A turbidez torna-se uma grande preocupação, pois a maioria dos riscos à saúde está associada à matéria orgânica em suspensão, bactérias e outros microrganismos. Ao contrário da cor, que ocorre por conta de substâncias dissolvidas, a turbidez é devido à presença de partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação. Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez pode ser bastante baixa. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode, também, ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (BRASIL, 2014). A partir dos resultados encontrados para turbidez foi possível verificar que esse parâmetro estava de acordo com o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), que estabelece o valor de 100 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) como o máximo aceito para água doce classe 2. Notou-se que o mês de junho exibiu o maior valor médio para esse parâmetro e como destacado anteriormente na discussão sobre cor, o mês de junho foi o período mais chuvoso e consequentemente deve ter provocado alterações na turbidez da água. A variação dos valores médios obtidos encontra-se destacada na Figura 6.

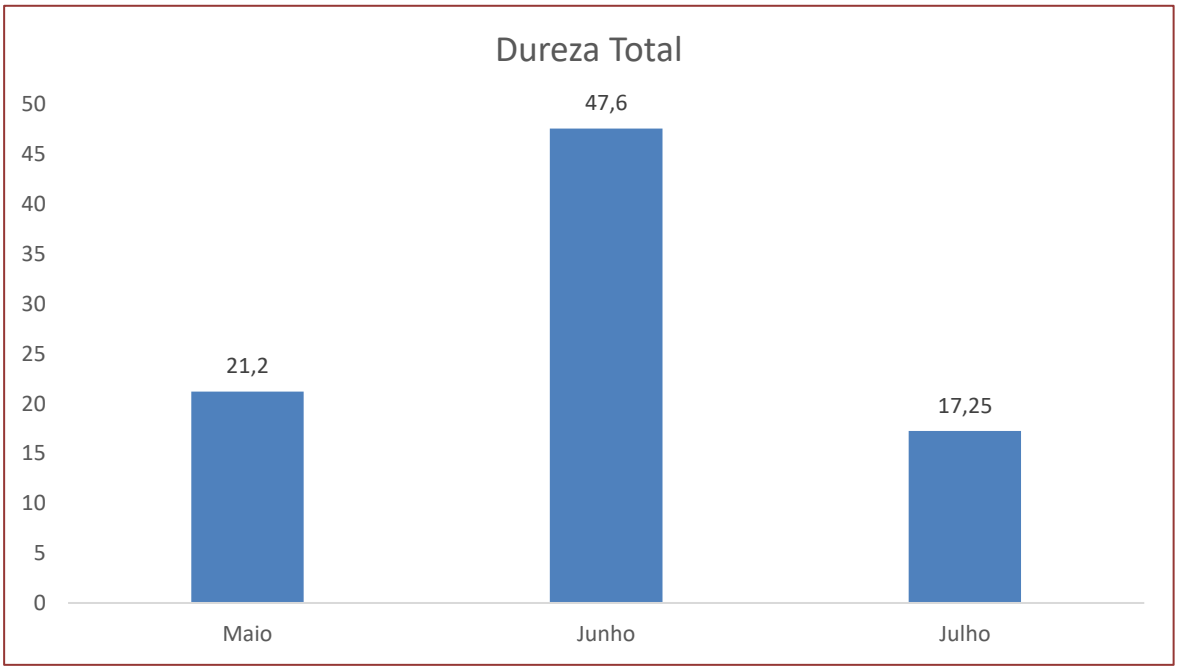
Figura 6. Variação do valor médio para o parâmetro turbidez



Fonte: Autores.

A dureza da água é caracterizada pela extinção da espuma formada pelo sabão, sendo produzida por vários cátions metálicos polivalentes dissolvidos, predominantemente pelos íons Ca^{2+} e Mg^{2+}. No entanto, outros cátions como Ba^{2+}, Sr^{2+}, Fe^{3+} e Zn^{2+} também contribuem para a dureza da água (SHARIATI-RAD; HEIDARI, 2020). Além de alterar o sabor da água, a dureza pode aumentar o consumo de sabão e provocar incrustações no sistema de distribuição de água, pois são formados carbonatos metálicos insolúveis que revestem as superfícies. No Brasil, o padrão estabelecido para dureza é regulamentado pela Portaria GM/MS N°888 de 4 de maio de 2021, a qual define os padrões de potabilidade de água para consumo humano (BRASIL, 2021). De acordo com a referida Portaria o valor máximo permitido para dureza total é de 300 mg. L^{-1}. Apesar da água analisada não ter passado por nenhum tratamento prévio, os resultados de dureza obtidos para o período avaliado estão abaixo do limite máximo permitido para água potável, como pode ser observado na Tabela1. Notou-se que a dureza teve um aumento em torno de 100% no mês de junho, em comparação com o mês de maio, mas no mês de julho ocorreu uma queda aproximando-se dos valores encontrados em maio. A partir do gráfico destacado na Figura 7 é possível observar a variação do valor médio encontrado para dureza total no período avaliado.

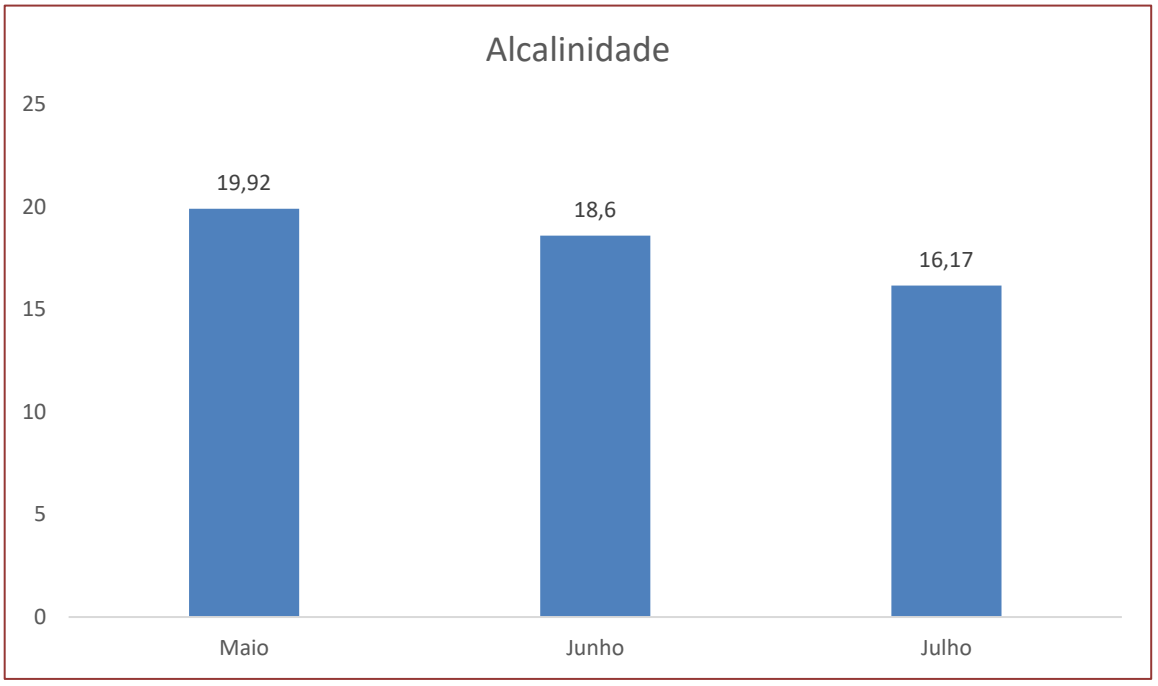
Figura 7. Variação do valor médio para o parâmetro dureza total



Fonte: Autores.

A alcalinidade consiste na soma total dos componentes da água que tendem a elevar o pH, tais como carbonatos, bicarbonatos, fosfatos e hidróxidos. A alcalinidade é uma medida da capacidade tampão (capacidade de resistir a mudanças no pH) da água e, uma vez que o pH tem um efeito direto nos organismos, bem como um efeito indireto na toxicidade de alguns outros poluentes na água, a capacidade tampão é importante para a qualidade da água (GORDE; JADHAV, 2013). Valores elevados de alcalinidade estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2) na água. A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg. L^{-1} de $CaCO_3$. No entanto, a legislação vigente não apresenta valores máximos para esse parâmetro.

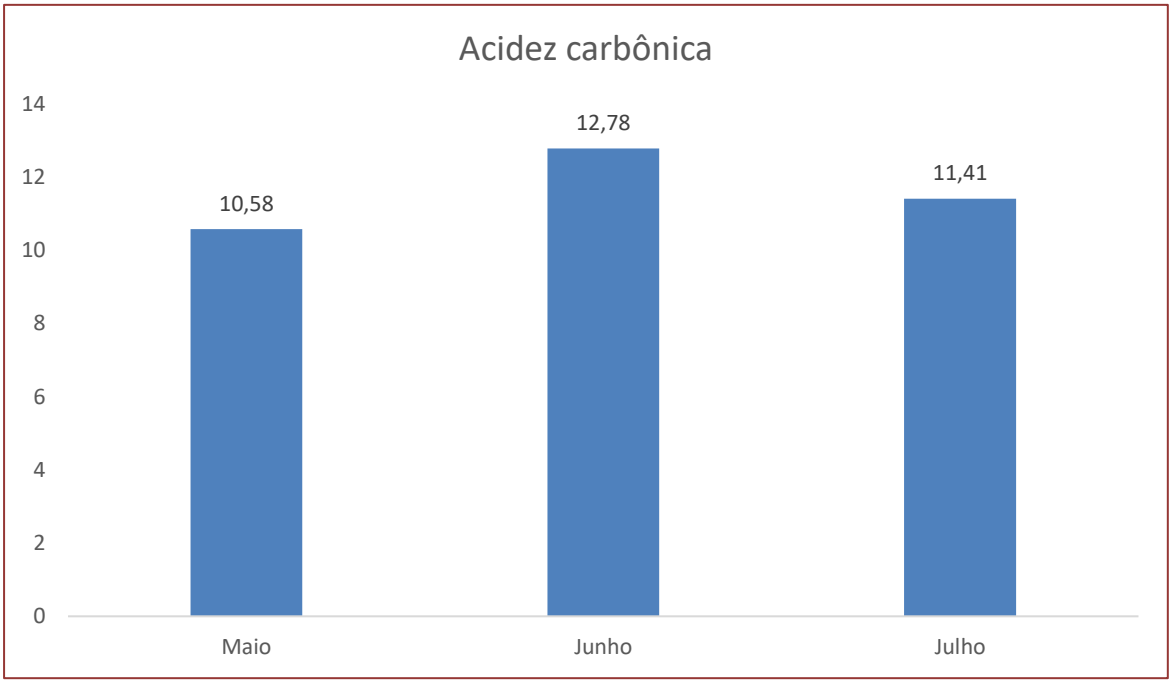
Figura 8. Variação do valor médio para o parâmetro alcalinidade



Fonte: Autores.

A acidez das águas pode ser classificada como acidez carbônica, mineral ou orgânica. O conceito de acidez pode ser interpretado como sendo a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causada pelas bases. A acidez carbônica presente na água é devido a absorção superficial da atmosfera e pode também ser de origem biológica (metabolismo). A acidez mineral é proveniente de resíduos industriais e a acidez orgânica é, geralmente, proveniente de resíduos industriais que contém ácidos orgânicos. A acidez devida ao CO_2, não apresenta inconveniente do ponto de vista sanitário. Tanto a acidez carbônica quanto a acidez mineral apresentam o inconveniente de provocar corrosão nas tubulações (BRASIL, 2014). Neste trabalho avaliou-se a acidez carbônica e verificou-se que este parâmetro não sofreu grandes variações no período avaliado como pode ser verificado na Figura 9. Apesar de ser um importante indicador para presença de espécies ácidas nos corpos d'água, a legislação não estabelece padrão para a acidez.

Figura 9. Variação do valor médio para o parâmetro acidez carbônica



Fonte: Autores.

Para fins de comparação, considerando os mesmos meses do estudo realizado com a água bruta, na Tabela 2 estão destacados os resultados dos parâmetros físico-químicos para a água captada do Rio Colônia após o tratamento na Estação do SAAE localizada no munícipio de Itororó-BA. Foi possível verificar que a água tratada atendeu os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS N°888 (BRASIL, 2021). Estes resultados foram importantes para reiterar à população e aos setores competentes nos municípios, a importância das Estações de Tratamento de Água para garantir a qualidade na distribuição de água potável.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros físico-químicos para a água tratada

Parâmetros*						
Mês	**pH**	**Cor aparente (uH)**	**Turbidez (UNT)**	**Dureza ($mg.L^{-1}$)**	**Alcalinidade ($mg.L^{-1}$)**	**Acidez ($mg.L^{-1}$)**
Maio	6,75±0,27	5,16±2,51	1,29±0,53	17,40±3,56	12,40±2,30	6,21±2,96
Junho	6,76±0,78	4,38±1,14	1,24±0,30	17,20±3,66	11,80±2,09	8,49±2,76
Julho	6,34±1,53	2,97±1,32	1,13±0,77	14,40±3,84	10,00±4,52	8,47±2,04
Portaria GM/MS N°888**	6,0<pH<9,0	<15,0 uH	<5,0 UNT	<300 mg. L^{-1}	---	---

*Valores expressos em média ± desvio-padrão

** GM/MS N° 888(BRASIL, 2021).

4. CONCLUSÃO

Apesar da fonte de água avaliada não ser destinada ao consumo direto, sem tratamento prévio, o estudo realizado com a análise de alguns parâmetros físico-químicos foi importante para caracterizar a água do Rio Colônia e avaliar a sua qualidade ao comparar com os padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores. Verificou-se que a água bruta captada está de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 para os corpos hídricos de água doce classe 2.

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) localizada na cidade de Itororó-Bahia e a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

REFERÊNCIAS

[1] Agência Nacional de Águas (ANA). Avaliação de qualidade: introdução. Disponível em http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx. Acesso em 05 de setembro de 2023.

[2] American Public Health Association (APHA). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 19th ed.,Washington:1995.p.1-18/1-24/4-36/4-59/2-1/3-67

[3] ANH N.T. Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 100424, 2023. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100424.

[4] Arman NZ, Salmiati S, Aris A, Salim MR, Nazifa TH, Muhamad MS, Marpongahtun M. A Review on Emerging Pollutants in the Water Environment: Existences, Health Effects and Treatment Processes. *Water*. 13(22), 3258, 2021. https://doi.org/10.3390/w13223258 .

[5] Armas VF, Nava LF, Gómez RE, Olea-Olea S, Rojas SC, Sandoval SS, Meza-Rodríguez D. Water and Environmental Resources: A Multi-Criteria Assessment ofManagementApproaches. *Water*.15(16),2991,2023.https://doi.org/10.3390/w15162991.

[6] Barros FM, Rocha FA, Fraga MS, Generoso TN, Melo ARB. Variação da turbidez em pontos distintos de um perfil transversal do rio Catolé-BA sob diferentes níveis de vazão. Enciclopédia Biosfera, 7(12), 2011.

[7] BRASIL. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispões sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2005.

[8] BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p.

[9] Gorde SP, Jadhav MV. Assessment of water quality parameters: a review. J Eng Res Appl, 3(6), 2029-2035, 2013.

[10] Holden J. Water resources: an integrated approach. Routledge, 2019.

[11] Jiacong H, Rui Q, Junfeng G, Haijian B, Qi H, Lingyan Q, Song S, Jiafang H. A novel framework to predict water turbidity using Bayesian modeling,Water Research,202,2021,117406, https://doi.org/10.1016/j.watres.

[12] Kumar MP, Prabhahar P. C. Physico-chemical parameters of river water: a review. Int J Pharm Biol Arch. 3, 1304-1312, 2012.

[13] Lima JAV, Stachiw R, Militão JSLT. A problemática ambiental dos poluentes emergentes: possíveis impactos por hormônios sexuais. Nature and Conservation. 12(1),66-74, 2019.

[14] Mahmoud S, Saffa BR. Water desalination technologies utilizing conventional and renewable

energy sources. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 9(1),1–19, 2014. https://doi.org/10.1093/ijlct/cts025

[15] Malik QH. Performance of alum and assorted coagulants in turbidity removal of muddy water. Appl Water Sci. 8(1), 40-44, 2018. https://doi.org/10.1007/s13201-018-0662-5.

[16] Md Anawar H, Chowdhury R. Remediation of Polluted River Water by Biological, Chemical, Ecological and Engineering Processes. *Sustainability*.2020; 12(17), 7017, 2020. https://doi.org/10.3390/su12177017

[17] Patil PN., Sawant DV, Deshmukh RN. Physico-chemical parameters for testing of water-a review. International journal of environmental sciences,3 (3), 1194-1207, 2012.

[18] Kumar, Mahrukh Qureshi, Dinesh Kumar Vishwakarma, Nadhir Al-Ansari, Alban Kuriqi, Ahmed Elbeltagi, Anuj Saraswat, A review on emerging water contaminants and the application of sustainable removal technologies,Case Studies in Chemical and Environmental Engineering,Volume 6,2022,100219,ISSN 2666-0164,https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100219.

[19] Silva KB, Rego NA, Santos JWB. Confluência de rios e suas contribuições para estudos em bacias hidrográficas: estudo de caso em rios da região do sul da bahia. Revista Geografar, 14(1),170-187, 2019.

[20] Silva VDA, Moureau MS, Moureau A, Rego NA Uso da terra e perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Colônia, Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15, 310-315, 2011.

[21] Sutadian AD, Muttil N, Yilmaz A. Development of river water quality indices—a review. Environ Monit Assess, 188, 58, 2016. https://doi.org/10.1007/s10661-015-5050-0

Capítulo 7

Caracterização física de cursos d´água em uma microbacia no município de Rio Fortuna/SC, segundo a classificação hierárquica fluvial proposta por Strahler (1952)

Guilherme Semprebom Meller
Clóvis Norberto Savi
Rinaldo Betcher Neto

Resumo: A hierarquia fluvial se caracteriza com um dos principais parâmetros morfométricos a serem levantados em uma bacia hidrográfica, na qual estabelece uma ordem entre os canais fluvial. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo a caracterização física de uma área na zona rural do município de Rio Fortuna, utilizando a classificação hierárquica proposta por Strahler (1952) para fins de zoneamento ecológico-econômico. Com relação a hierarquia fluvial pelo sistema introduzido por Strahler (1952) a área estudada compreende oito (08) canais de 1ª ordem que deságuam suas águas em condições de perenidade, intermitência ou efemeridade em dois tributários de 2ª ordem, que por sua vez drenam para um tributário sem denominação de 3ª ordem, na qual descarrega diretamente no rio Braço do Norte (4ª ordem), findando o ciclo ao desaguar no rio Tubarão (5ª ordem).

Palavras-chave: hidrologia, nascentes, cursos d´água, recursos hídricos, caracterização física, hidrogeologia ambiental.

1.INTRODUÇÃO

O levantamento das características de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns métodos a serem feitos em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo esclarecer as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental de uma determinada bacia hidrográfica. A hierarquia fluvial, um dos principais parâmetros morfométricos, estabelece uma ordem e grau de diversos cursos d'água dentro de uma mesma bacia hidrográfica, com isso determinando uma hierarquia entre os canais fluviais de uma da bacia hidrográfica em análise (MANOEL e ROCHA, 2014).

Dentro deste contexto, pode-se dizer que a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado em função de facilitar e tornar mais objetivos os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Neste sentido, os sistemas e critérios mais utilizados para o ordenamento de canais de bacias hidrográficas são os de Horton (1945) e sobretudo, os de Strahler (1952), sendo adotados a metodologia proposta pelo último autor na elaboração deste estudo.

Segundo Machado e Torres (2012), em 1952, Arthur Strahler introduziu um sistema de hierarquia fluvial que ainda hoje se destaca como o mais utilizado. Para eles, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, e assim sucessivamente. Nessa ordenação, elimina-se o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão.

Atualmente, as bacias hidrográficas subsidiam grande parte da legislação e do planejamento territorial e ambiental brasileiro (Politano & Pissarra, 2003). No Brasil, importantes órgãos utilizam diferentes sistemas de classificação e codificação de bacias hidrográficas (GALVÃO; MENESES, 2005), contudo a codificação proposta pelo engenheiro Otto Pfafstetter, do antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), destaca-se como sendo um sistema natural e hierárquico de classificação, que toma como base o tamanho e a forma da bacia hidrográfica, bem como a configuração dos canais que produzem o escoamento até o exutório (VERDIN e VERDIN, 1999).

Já em Santa Catarina de acordo com a Lei nº 10.949, de 09 de novembro de 1998, para efeito do planejamento, gestão e gerenciamento dos recursos hídricos catarinenses, são caracterizadas 10 (dez) Regiões Hidrográficas (SANTA CATARINA, 1997).

A morfometria da microbacia hidrográfica é ferramenta essencial de diagnóstico da suscetibilidade à degradação ambiental. Retrata a disposição, o tamanho e a forma do percurso de cada segmento de rio e a densidade e o modo de distribuição de toda a rede de drenagem do terreno (STRAHLER, 1957 e FRANÇA, 1968).

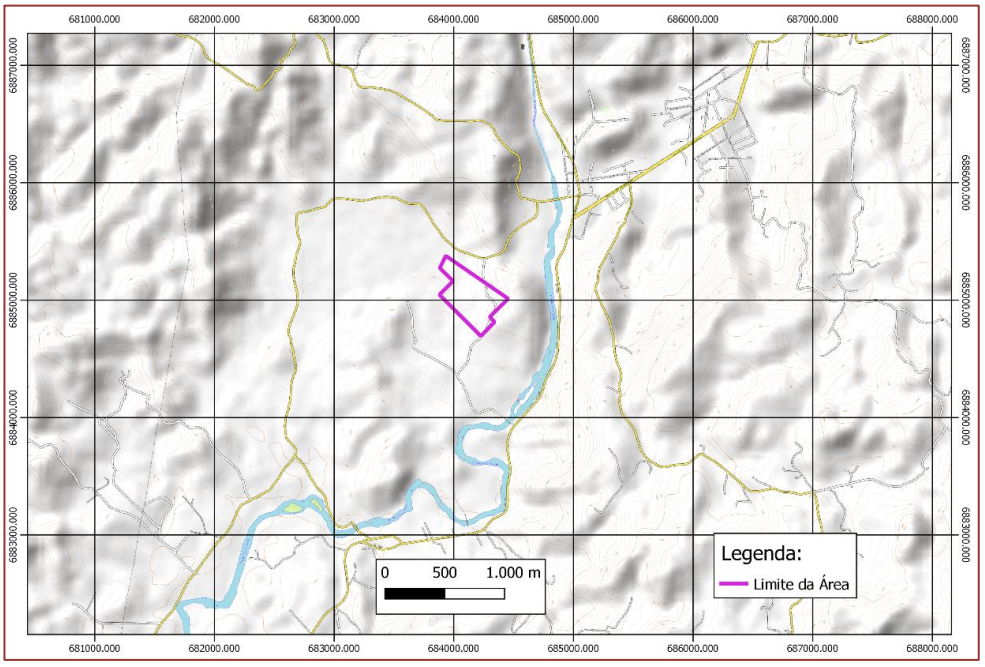
Considerando que a morfometria de uma microbacia hidrográfica é essencial para o planejamento dos recursos hídricos, este trabalho tem como objetivo a caracterização física de uma área na zona rural do município de Rio Fortuna, segundo a classificação hierárquica proposta por Strahler (1952) para fins de enquadramento no Enunciado 03 do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, na qual padroniza as atividades

relacionadas a caracterização física de cursos d'águas naturais (perenes, intermitentes ou efêmeros), em áreas a serem licenciadas pelo órgão ambiental, a serem entregues no âmbito dos estudos ambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudos situa-se na zona rural do município de Rio Fortuna, na localidade de Rio Otília (figura 1), ficando a uma distância de 3,2 km do centro da cidade na margem direita do rio Braço do Norte. Está enquadrada na micro-bacia do rio Fortuna e bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar pertencente à Região Hidrográfica RH-9 - Sul Catarinense e enquadrada no sistema de vertente atlântica, formada por um conjunto de bacias isoladas (SANTA CATARINA, 1997).

Figura 2. Localização da área de estudo



Fonte: Autor. (2020).

Santa Catarina (1997) aponta ainda que o Rio Tubarão nasce na encosta da Serra Geral no município de Lauro Müller, sendo seus principais afluentes os rios Braço do Norte e Capivari, como área de drenagem 4.728 km^2, percorrendo 120 km desde suas nascentes, até desembocar na Lagoa de Santo Antônio. O rio Tubarão é assim denominado após a confluência dos rios Bonito e Rocinha. Ambos drenam regiões de mineração logo após suas nascentes, com extensas áreas de extração e depósito de rejeitos do beneficiamento do carvão.

Em termos geológicos, Brasil (2016) relata que o Município de Rio Fortuna está situado no limite do embasamento cristalino do Leste Catarinense e das Formações sedimentares da Bacia do Paraná. As áreas de rochas sedimentares da Bacia do Paraná que ocorrem na parte central e oeste do município são ausentes no perímetro urbano. A sede municipal está situada no Sudeste do município em planícies aluviais dominadas por colinas

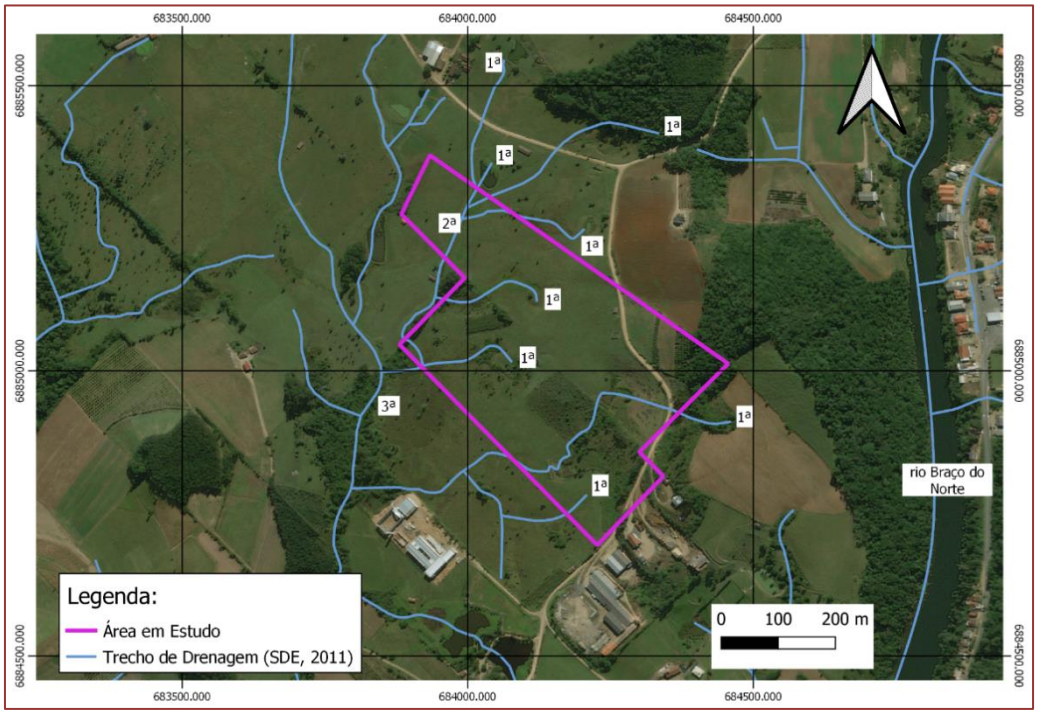
dissecadas em um substrato de granito na confluência dos rios Braço do Norte e Rio Fortuna.

Brasil (2016) reporta que se identificou no setor de estudo que o granito Pedras Grandes que constitui o embasamento proterozoico é recortado por numerosas injeções de diabásio. Foram também identificados diversos depósitos aluviais, alguns atuais, outros que recobrem terraços aluviais mais antigos.

O granito da Suíte Pedras Grandes que forma o substrato rochoso de grande parte do Município de Rio Fortuna corresponde a um granito claro, róseo, grosso a muito grosso, porfiróide com cristais de feldspatos de dimensões centimétricas. Estas rochas podem ser relacionadas à fácies Vila de Penha definido por Bitencourt *et al*., (2008).

Com relação a hierarquia fluvial pelo sistema introduzido por Strahler (1952) a área estudada compreende oito (08) canais de 1ª ordem que deságuam em condições de perenidade, intermitência ou efemeridade em dois tributários de 2ª ordem, que por sua vez drenam para um tributário sem denominação de 3ª ordem, na qual descarrega diretamente no rio Braço do Norte (4ª ordem), findando o ciclo ao desaguar no rio Tubarão (5ª ordem). A figura 2 demonstra a hierarquia dos canais de 1ª, 2ª e 3ª ordem na área de estudos.

Figura 3. Classificação hierárquica fluvial proposta pelo sistema Strahler (1952)

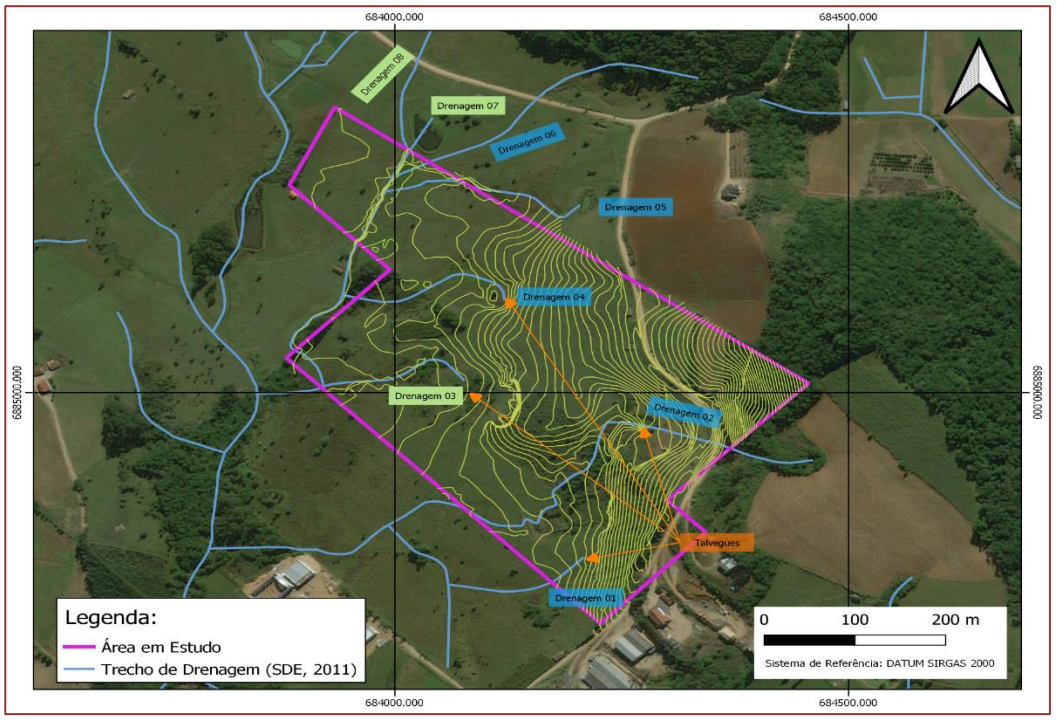


Fonte: Autor (2020).

Dentro deste contexto, plotou-se a restituição hidrográfica da SDE (2011) junto com o mapa planialtimétrico georreferenciado do imóvel visando-se identificar e sinalizar a existência de talvegues na área em estudo, resultando-se em oito drenagens que interceptam a área a ser parcelada. A figura 3 indica e nomina cada canal destes para fins

de análise morfológica, bem como aponta os locais com presença de talvegues na cor laranja.

Figura 4. Mapa planialtimétrico da área em estudos plotado com a restituição hidrográfica da SDE (2011)



Fonte: Autor. (2020).

Nesta mesma perspectiva, para se entender o funcionamento de uma microbacia hidrográfica Lima (1996) assinala que torna-se necessário expressar quantitativamente as manifestações de forma (a área da bacia, sua forma geométrica, etc.), de processos (escoamento superficial, deflúvio, etc.) e suas inter-relações.

Sob o escoamento superficial Carvalho (2016) admite que corresponde ao segmento do ciclo hidrológico relativo ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo. Estimativas das vazões máximas de escoamento superficial são frequentemente necessárias, tanto em bacias hidrográficas com ocupação agrícola, quanto em urbanas (BONTA e RAO, 1992).

O primeiro passo para determinar a descarga de uma micro bacia consiste em calcular a fração da precipitação que se transforma em escoamento superficial. A aplicação de métodos empíricos na predição do escoamento superficial, resultante de uma precipitação, pode ser considerada como uma primeira aproximação que deve ser corrigida posteriormente, com base na avaliação do sistema em operação (BELTRAN *et al.*, 1988).

Nesta abordagem, visando calcular a fração da precipitação que se transforma em escoamento superficial utilizou-se o Método Racional proposto por *William Thomas Mulvany* e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889, sendo estabelecido uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). O método é usado para

calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A determinação do tempo de concentração é de fundamental importância no Método Racional, ao lado do coeficiente de escoamento superficial, cuja determinação está também sujeita a incertezas e imprecisões.

A fórmula do Método Racional é expressa na Equação 1:

$$Qmax = \frac{C \times im \times A}{360} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$\boldsymbol{Q_{max}}$ *= vazão máxima de escoamento superficial,* $m^3.s^{-1}$*;*

C *= coeficiente de escoamento superficial, adimensional;*

$\boldsymbol{i_m}$ *= intensidade máxima média de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração,* $mm.h^{-1}$*; e*

A *= área da bacia de drenagem, ha.*

Para a determinação do coeficiente de escoamento superficial, utilizou-se valores recomendados pelo SCS – USDA (tabela 1), obtendo-se um valor adimensional de 0,60.

Tabela 1. Valores de C recomendados pelo SCS - USDA

Declividade (%)	Solos arenosos	Solos francos	Solos argilosos
		Florestas	
0 – 5	0,10	0,30	0,40
5 – 10	0,25	0,35	0,50
10 - 30	0,30	0,50	0,60
		Pastagens	
0 - 5	0,10	0,30	0,40
5 - 10	0,15	0,35	0,55
10 - 30	0,20	0,40	0,60
		Terras cultivadas	
0 - 5	0,30	0,50	0,60
5 - 10	0,40	0,60	0,70
10 - 30	0,50	0,70	0,80

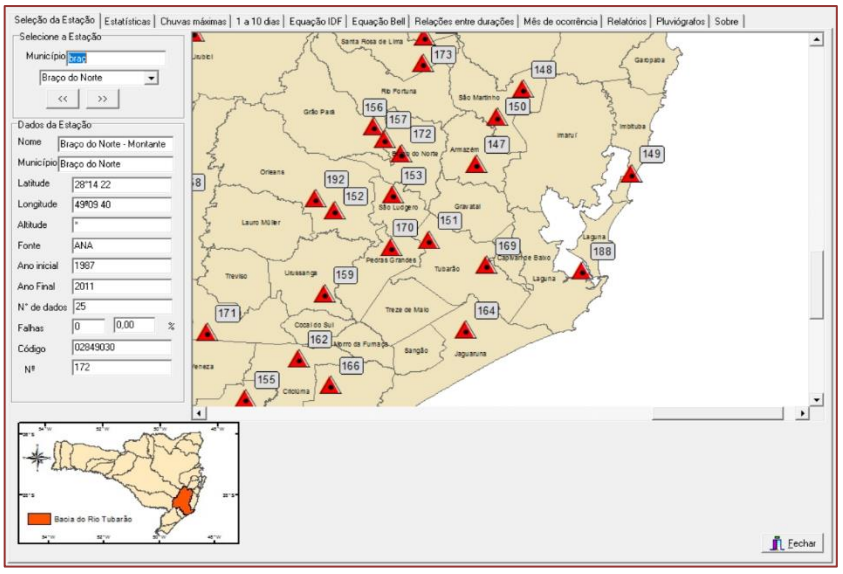
Fonte: SCS-USDA (1986).

Para o cálculo da intensidade máxima média de precipitação, utilizou-se o *software* HidroChuSC da EPAGRI (2013), consolidado nacionalmente na comunidade científica. O programa foi elaborado em linguagem *Delphi* e contém dados de 197 estações pluviométricas e também 13 estações pluviográficas localizadas no Estado de Santa Catarina. Para cada estação pluviométrica foram determinadas as séries de máximas anuais com duração de 1 a 10 dias, apresentando suas estatísticas descritivas. Também foram ajustados os parâmetros da distribuição da *Gumbel* permitido as estimativas das chuvas intensas com período de retorno definido pelo usuário.

Neste sentido, utilizou-se a estação pluviométrica de Braço do Norte (figura 13), por ser a mais próxima da área em estudos e com mesmas condições climatológicas, estando ainda

a mesma homologada na ANA sob código n° 02849030, com disponibilização dos dados dos anos de 1987 a 2011, resultando em um período de 25 anos de monitoramento, considerado muito confiável para este nível de estudo, obtendo-se uma chuva máxima diária média de 181,52mm.

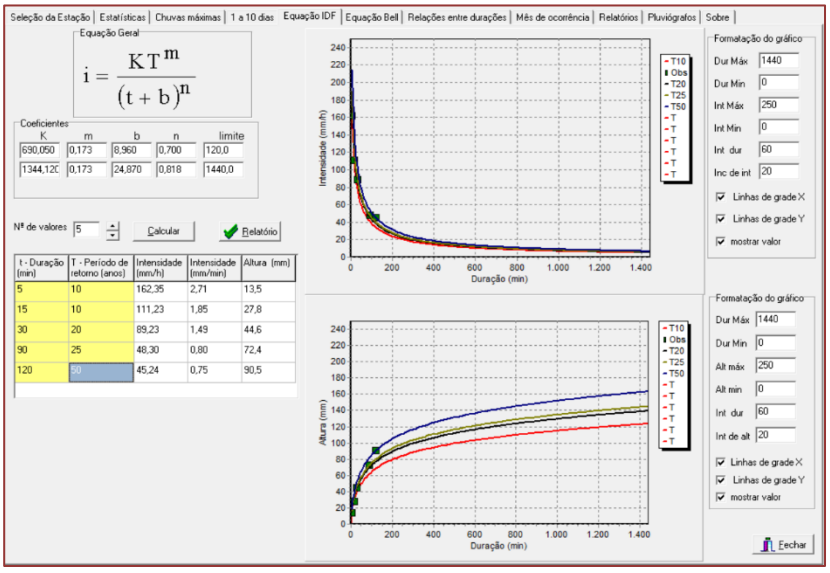
Figura 5. Seleção da estação pluviométrica de Braço do Norte



Fonte: Back, 2013.

A intensidade média máxima da chuva em mm/h por meio da equação de chuvas intensas (IDF) obtido pelo HidroChuSC (figura 14) para um período de retorno de 10 anos foi de 162,35mm/h.

Figura 6. Equação de chuvas intensas (IDF) ajustadas para a estação pluviométrica de Braço do Norte



Fonte: Back, 2013.

Ainda, para a determinação da área da bacia de drenagem, utilizou-se a restituição hidrográfica SDE (2011), da qual empregou o método de codificação de bacias hidrográficas desenvolvido por Otto Pfafstetter, instituído oficialmente para codificação das bacias brasileiras pela Resolução nº 30/2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, resultando-se em uma área de 501,70 hectares.

De posse dos valores obtidos, aplicou-se os mesmos na equação do Método Racional, conforme expresso na Equação 2.

$$Qmax = \frac{C \text{ x im x } A}{360} \Rightarrow Qmax = \frac{0{,}55 \text{ x } 162{,}35 \text{ x } 501{,}70}{360} \Rightarrow Qmax = 124{,}43 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Eq. (2)}$$

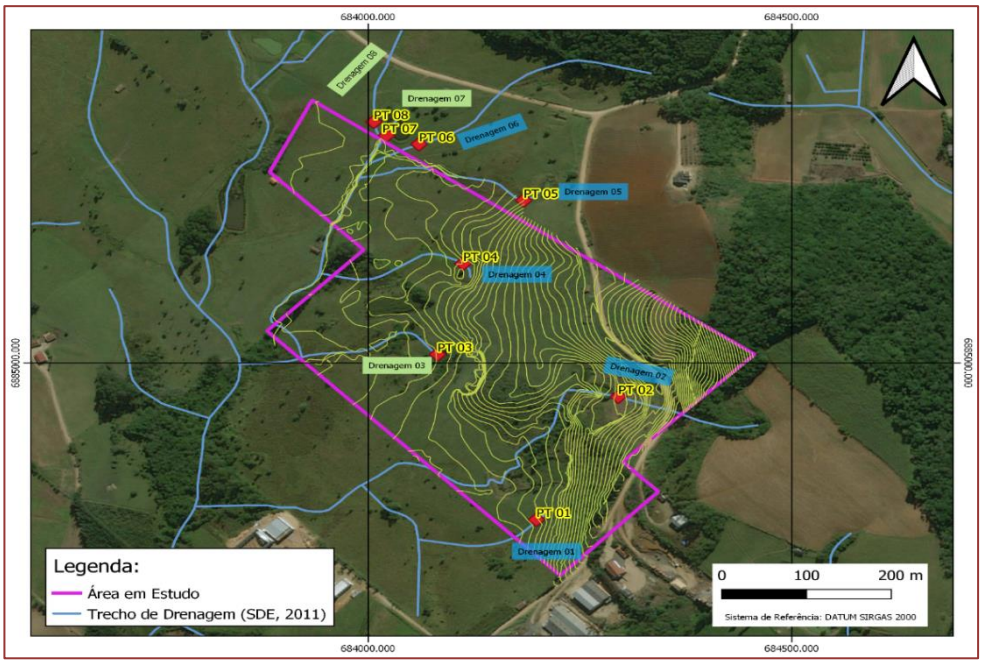
Neste sentido, pode-se afirmar que a vazão máxima de escoamento superficial da área da microbacia em estudo é de 124,43 m^3/s. Destaca-se que o Método Racional parte do princípio básico de que a vazão máxima, provocada por uma chuva de intensidade uniforme e constante, ocorre quando todas as partes da bacia contribuem simultaneamente com escoamento na seção de deságue.

Diante do exposto, com base na determinação da vazão máxima de escoamento superficial da área da bacia em estudos, efetuou-se o monitoramento semanal do fluxo de água nos talvegues da figura 3 por três meses corridos, conforme recomendação do Enunciado 03 do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA).

A metodologia para o monitoramento semanal seguiu os apontamentos de Tucci (2000) na qual argumenta que o escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia até encontrar uma calha definida. Neste contexto, realizou-se o monitoramento com incursões em campo semanais, no próprio leito das calhas de drenagem, tendo-se em vista que a rede de drenagem predominante se caracteriza como padrão de drenagem dentrítico, a qual deriva da interação clima-geologia em regiões de litologia homogênea.

Dentro dessa concepção, plotou-se na figura 6 a localização dos pontos de monitoramento semanal, visando-se identificar a ocorrência ou não de escoamento superficial nos talvegues, sendo que o monitoramento iniciou-se no dia 28/04/2020 e estendeu-se até o dia 29/07/2020, totalizando três meses corridos.

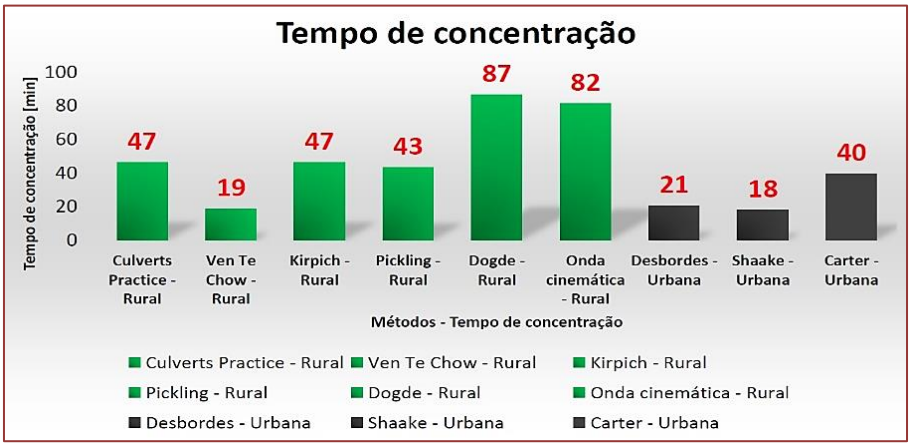
Figura 7. Indicação dos pontos utilizados para monitoramento semanal do escoamento superficial nos talvegues



Fonte: Autor (2020).

Para avaliação do escoamento pela superfície do solo, procedeu-se o registro em planilha analítica (tabela 2) relacionando-se as datas monitoradas semanalmente, identificando-se as drenagens e pontos monitorados, além de informações a respeito do deflúvio superficial, bem como a precipitação acumulada nas últimas 24 horas. Optou-se por registrar apenas a precipitação acumulada nas últimas 24 horas pois o tempo de concentração (Tc) encontrado pelo método de Doodge (1956) foi de 87,0 minutos (Gráfico 1). Utilizou-se este método empírico pois é o mais indicado para áreas rurais, refletindo melhor o tempo de concentração em bacias onde predomina o escoamento em canais.

Gráfico 1. Métodos empíricos para estimar o Tempo de concentração (Tc) da microbacia, sendo adotado neste estudo o resultado obtido pela equação de Doodge (1956)



Fonte: JÚNIOR (2020) – adaptado.

Ressalta-se ainda que para registro da precipitação pluvial na área de interesse, utilizou-se os dados fornecidos pela estação meteorológica automática do INMET de Morro da Igreja (Bom Jardim da Serra), homologada pela *Organização Meteorológica Mundial* (OMM) sob n° 86968, instalada nas coordenadas geográficas: Latitude: -28.126992º e Longitude: -49.479610º.

Tabela 2. Registro analítico da ocorrência ou não de escoamento superficial nos oitos canais de drenagens

Data da Incursão em Campo:	Identificação da Drenagem	Nome do Ponto Monitorado	Havia escoamento superficial?		Precipitação total acumulada nas últimas 24 horas anteriores a visita (mm)
			SIM	NÃO	
28/04/2020	Drenagem 01	PT 01		X	8,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
07/05/2020	Drenagem 01	PT 01		X	1,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
15/05/2020	Drenagem 01	PT 01		X	9,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
20/05/2020	Drenagem 01	PT 01		X	1,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		

Fonte: Autor (2020).

Tabela 3. Registro analítico da ocorrência ou não de escoamento superficial nos oitos canais de drenagens. (continuação)

Data da Incursão em Campo:	Identificação da Drenagem	Nome do Ponto Monitorado	Havia escoamento superficial?		Precipitação total acumulada nas últimas 24 horas anteriores a visita (mm)
			SIM	NÃO	
28/05/2020	Drenagem 01	PT 01		X	0,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
03/06/2020	Drenagem 01	PT 01		X	0,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
10/06/2020	Drenagem 01	PT 01	X		40,00
	Drenagem 02	PT 02	X		
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04	X		
	Drenagem 05	PT 05	X		
	Drenagem 06	PT 06	X		
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
17/06/2020	Drenagem 01	PT 01		X	4,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
25/06/2020	Drenagem 01	PT 01	X		24,00
	Drenagem 02	PT 02	X		
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04	X		
	Drenagem 05	PT 05	X		
	Drenagem 06	PT 06	X		
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		

Fonte: Autor (2020).

Tabela 4. Registro analítico da ocorrência ou não de escoamento superficial nos oitos canais de drenagens. (continuação)

Data da Incursão em Campo:	Identificação da Drenagem	Nome do Ponto Monitorado	Havia escoamento superficial?		Precipitação total acumulada nas últimas 24 horas anteriores a visita (mm)
			SIM	NÃO	
02/07/2020	Drenagem 01	PT 01		X	0,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
08/07/2020	Drenagem 01	PT 01	X		34,00
	Drenagem 02	PT 02	X		
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04	X		
	Drenagem 05	PT 05	X		
	Drenagem 06	PT 06	X		
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
14/07/2020	Drenagem 01	PT 01		X	0,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
21/07/2020	Drenagem 01	PT 01		X	0,00
	Drenagem 02	PT 02		X	
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04		X	
	Drenagem 05	PT 05		X	
	Drenagem 06	PT 06		X	
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		
29/07/2020	Drenagem 01	PT 01	X		14,80
	Drenagem 02	PT 02	X		
	Drenagem 03	PT 03	X		
	Drenagem 04	PT 04	X		
	Drenagem 05	PT 05	X		
	Drenagem 06	PT 06	X		
	Drenagem 07	PT 07	X		
	Drenagem 08	PT 08	X		

Fonte: Autor (2020).

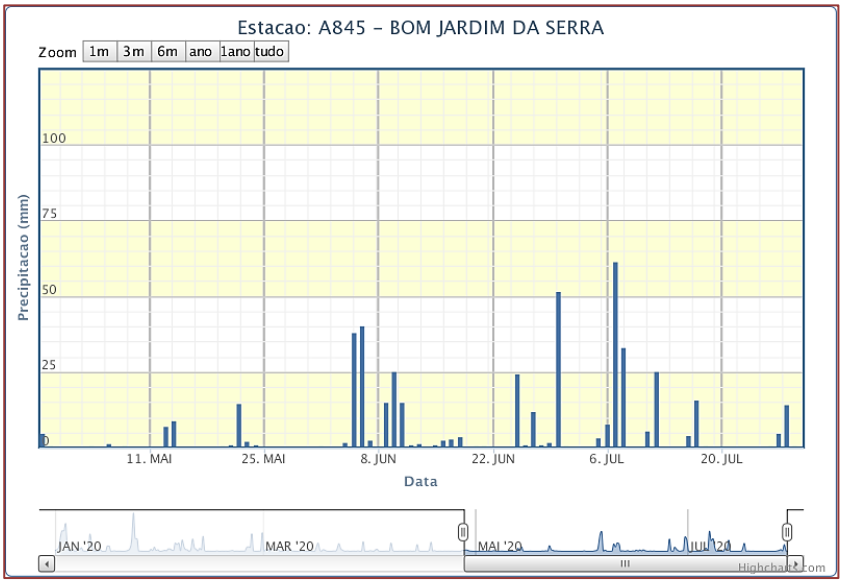
Em análise da tabela 2, pode-se observar em um primeiro momento que o escoamento superficial oriundo dos talvegues são provenientes em grande parte da precipitação direta, ou da água que se move lateralmente nos corredores. Observou-se esta característica nitidamente nos pontos monitorados PT 01; PT 02; PT 04; PT 05 e PT 06, que geram as drenagens 01; 02; 04; 05 e 06 (respectivamente). Nestes pontos a taxa e a velocidade do movimento lateral vão influenciar diretamente a taxa e a velocidade do fluxo do seu tributário principal, sendo estes canais classificados como efêmeros pela metodologia proposta por Christofoletti (1974), na qual afirma que só há fluxo durante chuvas ou períodos chuvosos, situação análoga à em estudo.

Já nos pontos PT 03; PT 07 e PT 08, que geram as drenagens 03; 07 e 08 observou-se que ocorria escoamento superficial mesmo sem períodos chuvosos ou de estiagem. Nestes canais o deflúvio apresentou intermitência durante os três meses monitorados, classificando-se os mesmos como intermitentes pela metodologia proposta por Christofoletti (1974), já que de modo geral, só há fluxo durante a estação chuvosa (50% do período ou menos).

Para comparação com o acumulado de chuvas na microbacia hidrográfica, IMA (2019) recomenda que se apresente gráficos de linha e/ou histograma de frequências (precipitação *versus* tempo), que incluam a ocorrência ou não de escoamento superficial nos talvegues.

Dentro desta ótica, plotou-se um histograma de frequências (Fig. 16) com a precipitação *versus* tempo, totalizando um acumulado de chuvas de 462,60mm na microbacia, durante o período de monitoramento ambiental, ratificando-se que os dados foram extraídos da estação meteorológica automática do INMET de Morro da Igreja (Bom Jardim da Serra), por ser a mais próxima da área alvo deste estudo.

Gráfico 2. Histograma de frequência da Estação Meteorológica de Morro da Igreja (Bom Jardim da Serra)



Fonte: INMET (2020).

Entretanto, do acumulado de chuvas foi observada uma chuva mais regular da primeira semana de junho até o dia 20 de julho. Já na maior parte do período, foram poucos dias

com acumulados acima de 1 mm, ficando mais de 10 dias sob tempo seco nos últimos dias de maio até a primeira semana de junho. Este resultado indica que além de mal distribuída espacialmente, a chuva foi bastante irregular, tanto que o Governo do Estado de Santa Catarina declarou estiagem hidrológica no mês de maio/2020 por meio do Boletim Hidrometeorológico Integrado n° 04, publicado em 15/05/2020.

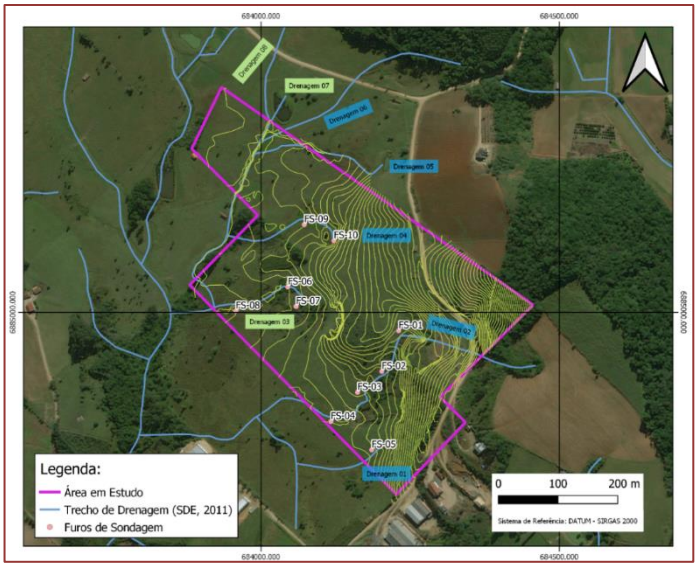
As informações do Boletim Hidrometeorológico corroboram com a planilha analítica (tabela 2), já que o acumulado de chuvas (precipitação direta) é o responsável pela ocorrência de escoamento superficial efêmero nas drenagens 01; 02; 04; 05 e 06.

Ainda, IMA (2019) salienta que são importantes registros fotográficos dos pontos de monitoramento que comprovem a ocorrência ou não de escoamento pluvial nos talvegues, com as respectivas datas de observação e localização geográfica.

Para atingir o objetivo proposto e garantir a fidedignidade do estudo, efetuou-se registros fotográficos das incursões em campo, registrando-se semanalmente os pontos monitorados. Utilizou-se uma câmera fotográfica modelo *Nikon D5100* com lente 18-55mm. Além deste procedimento, realizou-se sondagens geotécnicas nos pontos, visando-se determinar o nível do lençol freático, seguindo-se a metodologia da norma ABNT NBR n° 9.603/1986, que trata de Sondagens a Trado, bem como ao Manual de Sondagens da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, edição n° 03, elaborado em 1999.

As sondagens foram realizadas com um trado mecanizado tipo helicoidal de 2”, composto de uma caçamba cilíndrica, com aberturas laterais cortantes, rosqueada a uma haste de ferro terminada em “T” e que penetrava no solo através de movimentos giratórios, realizados por uma perfuratriz hidráulica. Na medida em que a profundidade aumentava, acrescentava-se novos segmentos de cano galvanizado na haste. A figura 7 ilustra a localização dos furos de sondagens e a tabela 3 apresenta as coordenadas UTM dos pontos, bem como informações acerca da profundidade do furo, cota da boca do furo, nível do lençol freático e sua classificação geotécnica conforme ABNT NBR n° 7180/2016 e 6459/2016, executados pelo Laboratório de Mecânica dos Solos da Faculdades ESUCRI.

Figura 8. Localização dos furos de sondagens plotados sobre a delimitação do imóvel



Fonte: Autor (2020).

Tabela 5. Informações detalhadas dos furos de sondagem executados

N° do Furo	Coordenadas UTM		Cota da Boca do Furo (m)	Profundidade do furo (m)	Nível d´agua (m)	Classificação Geotécnica (HRB)
	N	E				
FS-01	6884967.13	684232.27	121,50	4,00	3,50	A2-4 (Areia média a grossa)
FS-02	6884912.23	684198.67	119,00	2,50	N.E.	A2-4 (Areia média a grossa)
FS-03	6884842.07	684156.66	114,97	3,00	N.E	A4 (Silte moderadamente plástico
FS-04	6884827.57	684099.13	113,20	3,50	N.E	A4 (Silte moderadamente plástico
FS-05	6884755.51	684179.88	115,00	3,00	N.E	A6 (Solo argiloso plástico)
FS-06	6885046.99	684045.21	111,00	3,50	1,40	A5 (Silte moderadamente plástico)
FS-07	6885000.44	684069.05	111,80	1,00	0,70	A2-4 (Areia média a grossa)
FS-08	6885002.25	683951.73	110,00	3,50	1,10	A5 (Silte moderadamente plástico)
FS-09	6885136.38	684038.40	111,00	3,50	N.E	A5 (Silte moderadamente plástico)
FS-10	6885172.48	684093.54	114,00	3,20	N.E	A7-5 (Solo argiloso plástico, sofrendo grandes variações de volume)

* N.E: Não encontrado até a profundidade perfurada.

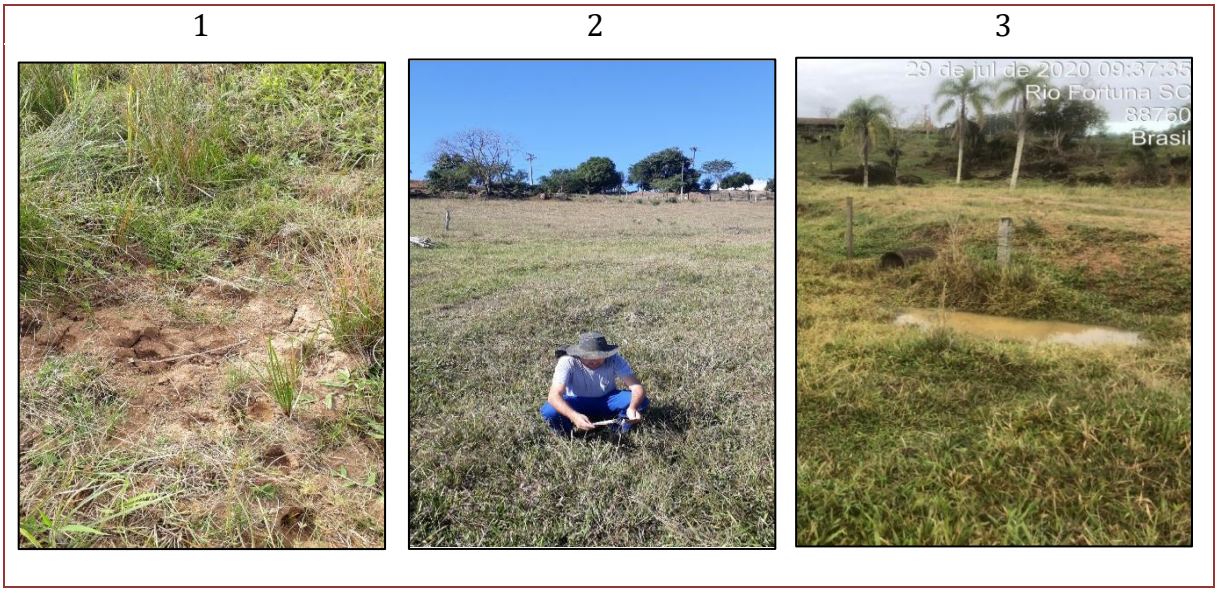
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados e discutidos diretamente nas fotografias 8 a 14, de acordo com o desenvolvimento do trabalho. Conforme extrai-se da tabela 3, observa-se que as análises granulométricas indicaram que a área em estudos possui solos granulares (areia média a grossa) variando para solos siltosos e argilosos com plasticidade média a alta, resultantes de alterações de sedimentos, caracterizados por cores acastanhadas/amarronzadas, por vezes cinza a creme amarronzados, que gradam para intervalos compostos de materiais argilosos, bastante plásticos, antes de atingir a rocha sã.

Já a ocorrência do lençol freático aflorante foi encontrada nos furos FS-06 (1,50m), FS-07 (0,70m) e FS-08 (1,10m), que foram alocados estrategicamente próximos da Drenagem 03, visando-se caracterizar seu deflúvio. Estas informações corroboraram com os dados apontados na tabela 2, onde apontou escoamento superficial intermitente neste canal.

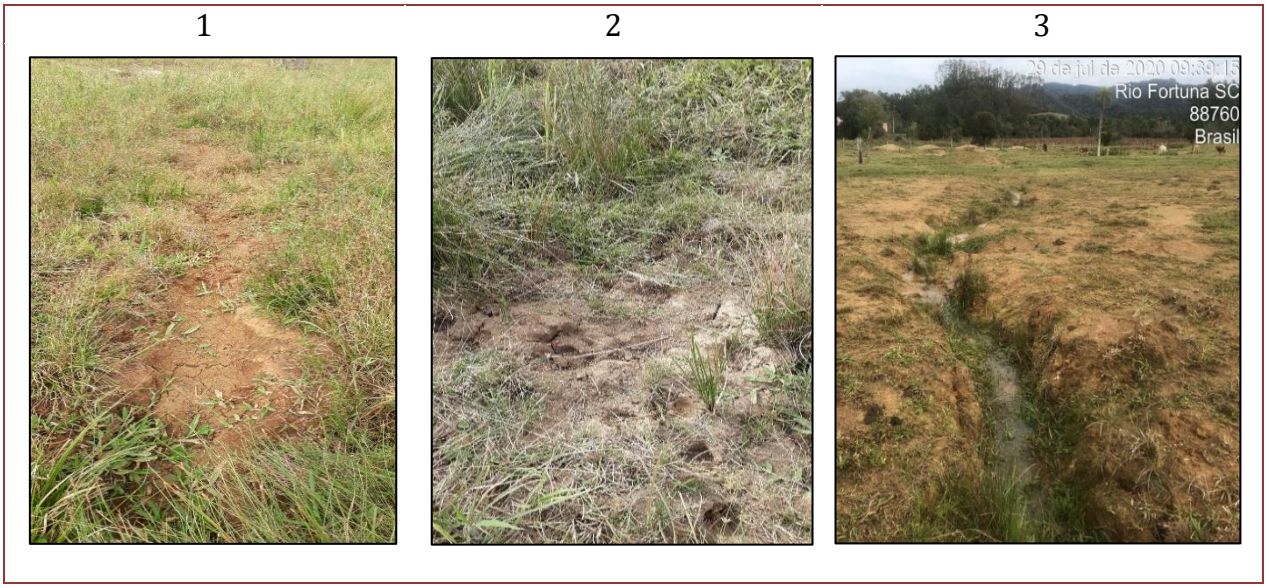
A seguir são apresentados os registros fotográficos das campanhas de monitoramento de cada canal de drenagem analisado.

Figura 9. Registros fotográficos na Drenagem 01 nas datas de 28/04/2020; 15/05/2020 e 29/07/2020



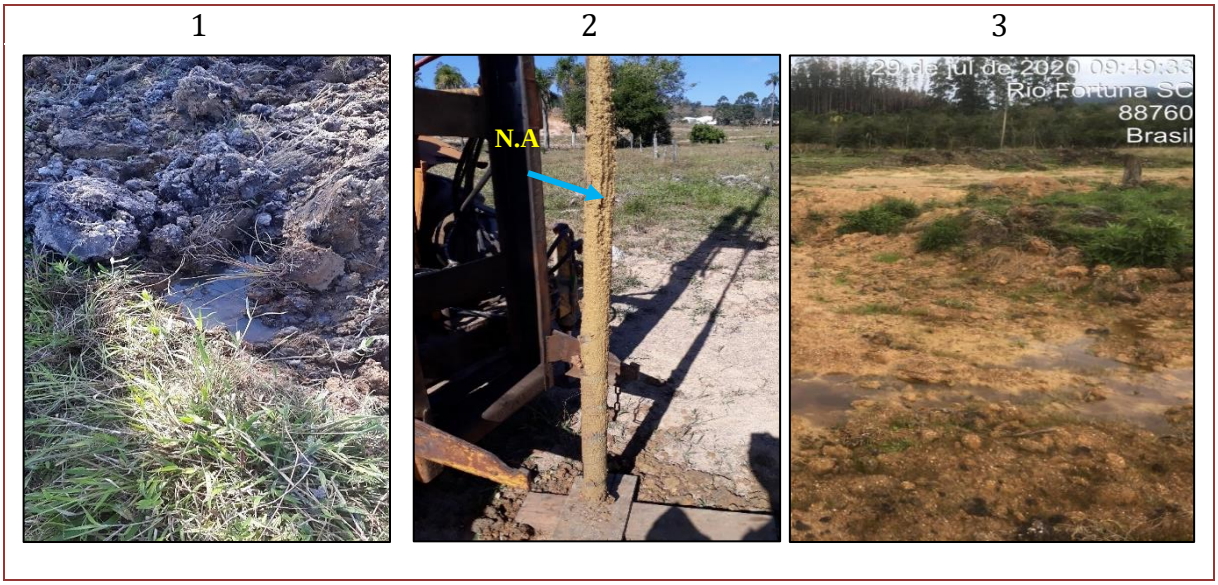
Durante as visitas das fotografias 1 e 2 não foi verificado escoamento superficial. Já na visita do dia 29/07/2020 foi observado escoamento superficial, após um acumulado de chuvas de 14,80mm.

Figura 10. Registros fotográficos na Drenagem 02 nas datas de 28/04/2020; 15/05/2020 e 29/07/2020



Durante as visitas das fotografias 1 e 2 não foi verificado escoamento superficial. Já na visita do dia 29/07/2020 foi observado escoamento superficial, após um acumulado de chuvas de 14,80mm.

Figura 11. Registros fotográficos na Drenagem 03 nas datas de 28/04/2020; 15/05/2020 e 29/07/2020

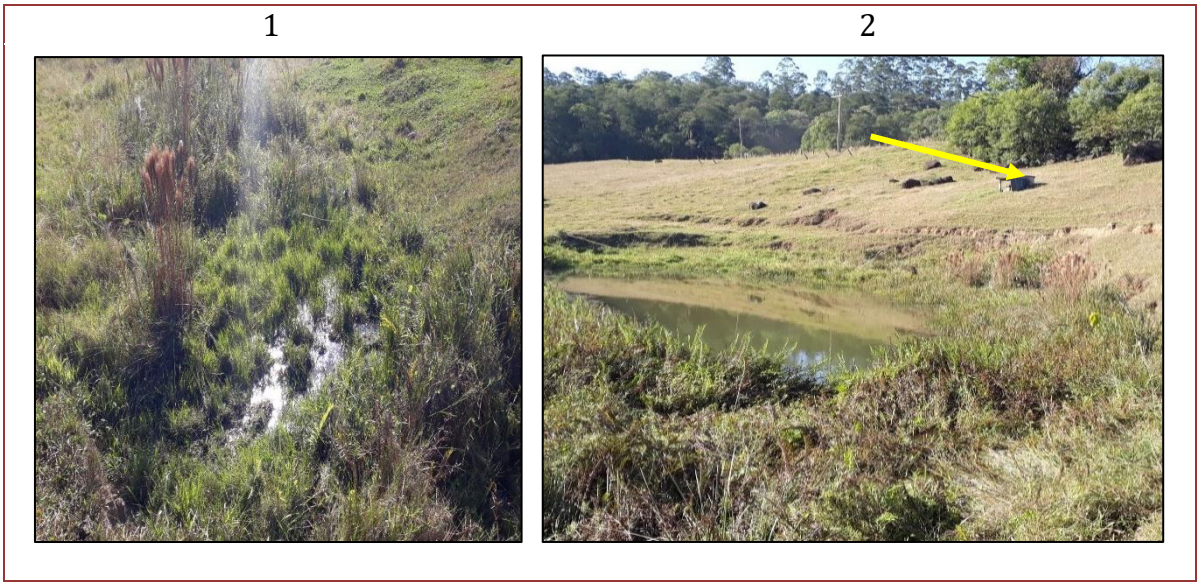


Observa-se presença de escoamento superficial, mesmo em períodos de estiagem. A fotografia 02 apresenta o perfil do solo neste ponto, com indicação do nível d´agua (umidade) encontrado a 0,70m da superfície, caracterizando como lençol freático aflorante.

Figura 12. Registros fotográficos na Drenagem 04 nas datas de 28/04/2020; 15/05/2020 e 02/07/2020

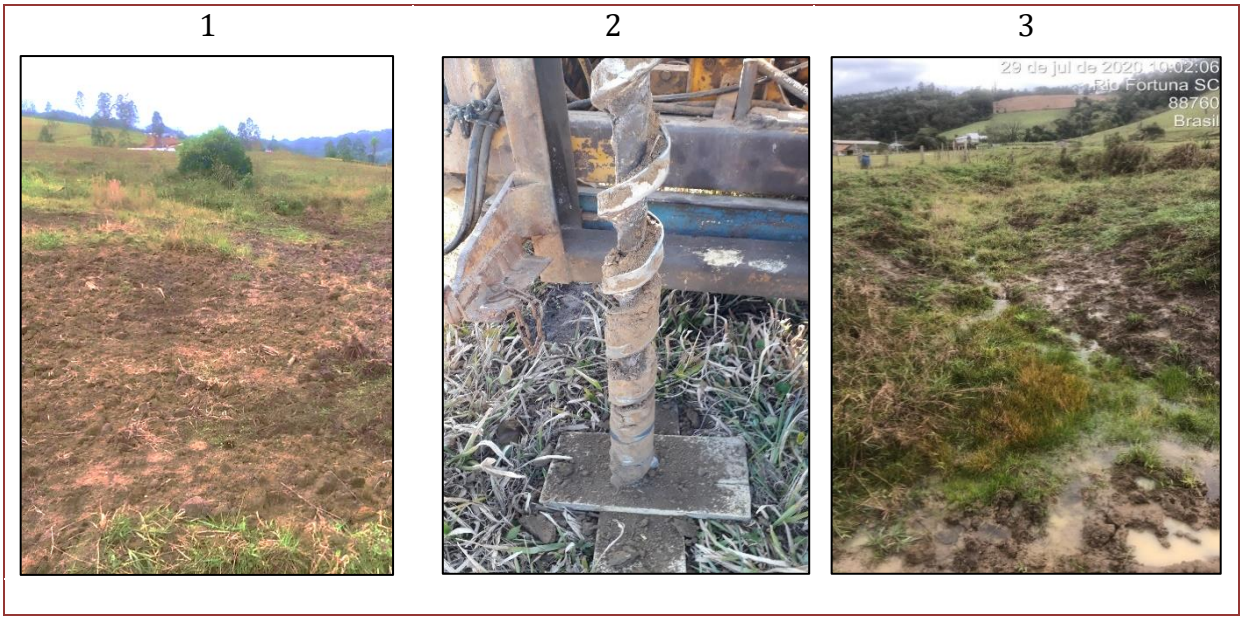
Observa-se que não há presença de escoamento superficial. A fotografia 02 apresenta o perfil do solo neste ponto, sem indícios de umidade no furo de sondagem.

Figura 13. Registros fotográficos na Drenagem 05 nas datas de 28/04/2020; 03/06/2020 e 08/07/2020



Durante as visitas das fotografias 1 e 2 não foi verificado escoamento superficial. Já na visita do dia 08/07/2020 foi observado escoamento superficial, após um acumulado de chuvas de 34mm. Destaca-se que o comportamento do freático neste ponto ocorre na interface do material permeável e a camada de base impermeável, sendo que a área em questão funciona como uma bacia de drenagem onde toda a precipitação e o excedente hídrico do açude escavado convergem para um mesmo ponto situado na região mais baixa da bacia (talvegue). Entretanto, ratifica-se a informação de que o açude trata-se de um reservatório artificial de água, abastecido por uma mangueira que capta água de um poço escavado a montante (Fig. 12.2), distante 13m do açude a montante.

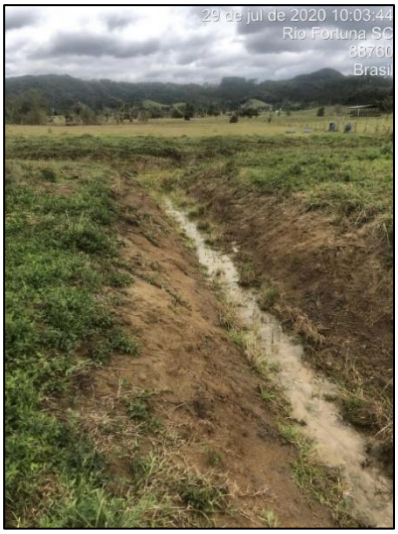
Figura 14. Registros fotográficos na Drenagem 06, nas datas de 28/04/2020; 15/05/2020 e 29/07/2020



Durante as visitas das fotografias 1 e 2 não foi verificado escoamento superficial. A fotografia 02 apresenta ainda o perfil do solo neste ponto, sem indícios de umidade no furo de sondagem. Já na visita do dia 29/07/2020 foi observado escoamento superficial, após um acumulado de chuvas de 14,80mm.

Figura 15. Registros fotográficos nas Drenagens 07 e 08, na vistoria do dia 28/04/20 com ocorrência de escoamento superficial

Drenagem 07



Drenagem 08

Com relação as fotografias das drenagens 07 e 08 as mesmas não foram registradas em todas as vistorias pois a classificação hierárquica fluvial da micro bacia com base na metodologia proposta por Strahler (1952) demonstrou que as Drenagens 07 e 08 são tributários de 2ª ordem quando adentram na área a ser loteada, que por sua vez drenam para um tributário sem denominação de 3ª ordem e assim sucessivamente.

Neste sentido, como justificativa, Justi (2015) relata que canais de 1ª ordem tendem a ocorrer em bacias de menores dimensões, com menor capacidade de produção de água, inferindo assim a efemeridade de canais, enquanto que em canais de ordem superior, a superfície da bacia hidrográfica tende a ser maior; consequentemente, será maior a produção de água, permitindo inferir a perenidade ou intermitência do canal. Outro aspecto considerado é que haviam mais de um canal na sua montante, aumentando assim a contribuição de água, seja ela fluvial ou pluvial, nos segmentos posteriores.

4. CONCLUSÃO

Com base na classificação hierárquica fluvial da micro bacia pela metodologia proposta por Strahler (1952), pode-se concluir que:

As drenagens 01; 02; 04 e 05 podem ser classificadas como canais efêmeros pela metodologia proposta por Christofoletti (1974), na qual afirma que só há fluxo durante chuvas ou períodos chuvosos, situação análoga à em estudo;

Já as drenagens 03; 07 e 08 podem ser classificadas como canais intermitentes ou perenes, já que observou-se que ocorria escoamento superficial mesmo sem períodos chuvosos ou de estiagem. Nestes canais o deflúvio apresentou intermitência durante os três meses

monitorados, classificando-se os mesmos como intermitentes pela metodologia proposta por Christofoletti (1974), já que de modo geral, só há fluxo durante a estação chuvosa (50% do período ou menos). Destaca-se ainda que existe uma grande possibilidade dos aludidos canais se classificarem como perenes, mas como o período de monitoramento ficou restrito a três meses, não pode-se afirmar com exatidão, já que as drenagens perenes são aquelas em que há fluxo superficial o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA - ABGE. Manual de Sondagens. Boletim n° 03 - 4ª edição. São Paulo, 1999.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR n° 7180. Solo — Determinação do limite de plasticidade. 2016.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR n° 7180. Solo — Determinação do limite de liquidez. 2016.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR n° 9.603. Sondagens a trado para simples reconhecimento de solo. 1986.

[5] BACK, Á. J. Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina (Com programa HidroChuSC para cálculos. Florianópolis, Epagri, 2013. 193p.

[6] BACK, Á. José. Medidas de vazão com molinete hidrométrico e coleta de sedimentos em suspensão. Boletim Técnico da EMBRAPA/EPAGRI, Florianópolis, v. 130, p. 1-56, 2006.

[7] BELTRAN, J. M. Drenaje agricola. Madri: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, 1986. 239p.

[8] BITENCOURT M.F.; BONGIOLO E.M.; PHILIPP R.P.; MORALES L.F.G.; RUBERT R.R.; MELO C.L.; LUFT JR. J.L. Estratigrafia do Batólito Florianópolis, Cinturão Dom Feliciano, na região de Garopaba-Paulo Lopes, SC. Revista Pesquisas em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 35(1), 109-136, 2008.

[9] BONTA, J.V.; RAO, A.R. Estimating peak flows small agricultural watersheds. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reston, v.118, n.1, p.122-37, 1992.

[10] BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d´agua e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459 . Acesso em: 30 jun. 2020.

[11] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CNRH nº 30, de 11 de dezembro de 2002. Define metodologia de codificação e procedimentos de subdivisões em agrupamentos de bacias e regiões hidrográficas, no âmbito nacional. Disponível em: https://cnrh.mdr.gov.br/. Acesso em: 15 jun 2020.

[12] BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Acessibilidade e Programas Urbanos. Elaboração de Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização frente aos Desastres Naturais no Município de Rio Fortuna, Estado de Santa Catarina – Relatório Final. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento de Geociências. Florianópolis: UFSC, 2016.

[13] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CNRH nº 30, de 11 de dezembro de 2002.

[14] CARVALHO, Daniel Fonseca de. Aspectos hidrológicos associados à conservação de água e solo. Curso de Pós Graduação em Manejo e Conservação do Solo e Água, 18 de jun de 2016. 19f. Notas de Aula.

[15] CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2ª ed. 188p. 1980.

[16] EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Monitoramento online. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=198. Acesso em: 29 jul 2020.

[17] GALVÃO, W. S; MENESES, P. R. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE. Disponível em: http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.01.26/doc/2511.pdf. Acesso em: 26 de jun 2020.

[18] HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins - Hydrophysical approach to quantitative morphology. New York: Bulletin of the Geological Society of America, 1945, v.56. p. 275-370.

[19] IMA. Enunciado n° 03 de 07 de 10 de 2019. Caracterização física de cursos d´agua. Padroniza as atividades relacionadas a caracterização física de cursos d'águas naturais (perenes, intermitentes ou efêmeros), em áreas a serem licenciadas pelo IMA, a serem entregues no âmbito dos estudos ambientais. Reunião Ordinária da Comissão Central de Licenciamento Ambiental de 07/10/2019. Florianópolis, 2019.

[20] INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Morro da Igreja (Bom Jardim da Serra), Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes. Acesso em: 29 jul 2020.

[21] JUSTI JUNIOR, Jorge; ANDREOLI, Cleverson Vitorio. Uso de Dados Climáticos e Hidrológicos como Subsídio na Determinação do Regime de Fluxo de Canais de Drenagem. Revista Brasileira de Geomorfologia, Paraná, v. 16, n. 1, p. 1-13, 31 mar. 2015. Revista Brasileira de Geomorfologia. http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v16i1.422. Disponível em: http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/422. Acesso em: 29 jul. 2020.

[22] LIMA, W. P., LCF678 – Análise física da bacia hidrográfica. In: Manejo de Bacias Hidrográficas. São Paulo: ESALQ. 1996a. Cap. 4.

[23] MACHADO, Pedro José de Oliveira; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. Introdução à hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

[24] POLITANO, W.; PISSARRA, T. C. T. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. Engenharia Agrícola, v.23, p. 179-186,2003.

[25] SANTA CATARINA. 1998. Lei n°. 10.949, de 09 de Novembro de 1998. Dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas. Disponível em: http://200.192.66.20/alesc/docs/1998/10949_1998_Lei. doc>. Acesso em 25 de Jun. 2020.

[26] SANTA CATARINA. Governo do Estado. Secretaria do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina: Rio Fortuna. 2011.

[27] SCS. Urban hydrology for small watersheds. Washington, DC: Technical Release 55. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (SCS), 1986.

[28] SOUZA, et al. Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.16, n.1, p.10–17, 2012.

[29] STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Halen: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.

[30] STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. Bulletin Geological Society America, v.63, p.923-38, 1952.

[31] TONELLO, K. C.; Dias, H. C. T.; Souza, A. L.; Ribeiro, C. A. A. S.; Leite, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães - MG Revista Árvore, v.30, p.849-57,2006.

[32] TUCCI, C. E. M; MARQUES, D. M. Avaliação e controle da drenagem urbana. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

[33] VERDIN, K. L.; VERDIN, J. P. A topological system for delineation and codification of the earth's river basins. Journal of Hydrology, v.218, 1999. p.1-12.

Capítulo 8

Ocorrências de eventos climáticos extremos em populações ribeirinhas: bases para uma gestão integrada de risco no Amazonas

Danielle Ivana Pereira dos Santos
Francimara Souza da Costa
Marcos André Braz Vaz
Marcos Ruben de Almeida Caldas
Antônio José Leal Nina Roldão

Resumo: A Amazônia detém um regime hidrológico bem característico dotado de épocas bem definidas de cheia e seca. Essa sazonalidade condiciona a dinâmica das comunidades tradicionais, sobretudo, aquelas populações que se instalaram às margens dos rios – as populações ribeirinhas, as quais são mais expostas e vulneráveis à ocorrência de fenômenos climáticos extremos. Nesse sentido, a governança de risco mostra-se como proposta para minimizar os impactos negativos que a natureza impõe sobre essas populações. Essa pesquisa traz uma reflexão sobre o enfretamento de eventos climáticos extremos por comunidades ribeirinhas e como o conhecimento empírico pode contribuir para fundamentar as bases para a governança de riscos nessas áreas de vulnerabilidade socioambiental. Como procedimentos metodológicos recorreu-se ao levantamento bibliográfico a respeito das variabilidades climatológicas, seus efeitos no modo de vida dos ribeirinhos amazônicos e como eles se comportam diante desses eventos. Como principais resultados obteve-se que as secas e cheias extremas vêm afetando a dinâmica desses povos amazônicos, influenciando suas habilidades adaptativas e culturais. Além disso, percebeu-se ainda que apesar da disponibilidade dos recursos humanos, físicos e financeiros e dos instrumentos de gestão disponíveis nos municípios amazônicos, não há ações efetivas voltadas à governança de risco, entretanto, as experiências dos ribeirinhos podem indicar caminhos para construção de planos de governança capazes de evitar ou mitigar o sofrimento dos ribeirinhos durante os episódios severos.

Palavras-chave: desastres naturais, modo de vida ribeirinho, governança de risco.

1. INTRODUÇÃO

O bioma amazônico é detentor de vasta biodiversidade de recursos naturais, associada à sua amplitude territorial, seu domínio fitogeográfico de florestas tropicais remanescentes, sua exuberante bacia de rios e incontável patrimônio genético (Ab'sáber, 2006). Estudos revelam que a floresta amazônica auxilia na manutenção de ciclo das chuvas, pois regula o clima e a temperatura do planeta (Ventura, Fernandez e Andrade, 2018).

Por outro lado, pesquisas indicam que estaremos diante de sérios riscos se a temperatura média global recrudescer em 2ºC, um cenário mais quente na região amazônica promoveria o clima mais seco e poderia gerar secas e enchentes mais frequentes e mais intensas na região (Barcellos et al., 2009; Bursztyn e Eiró, 2015; Blank, 2015). Tal perspectiva prejudicaria diretamente o homem amazônida cujo relacionamento harmonioso com este bioma permitiu-lhe ao longo dos séculos viver e alimentar-se do extrativismo, do cultivo de diferentes plantas, das hortaliças regionais e dos peixes encontrados em abundância nos lagos e rios da região (Batista, 2007).

Oliveira, Mafra e Soares (2012) ressaltam que a variabilidade climática atinge com mais intensidade às comunidades que se instalaram ao longo das margens dos rios. Os ribeirinhos estão mais expostos e vulneráveis às variações extremas, haja vista que grandes extensões de terra são inundadas ou drenadas, desestabilizando as planícies, inutilizando cultivos e dificultando a locomoção, ocasionando o isolamento e prejudicando o acesso a auxílios governamentais durante esses episódios.

Costa, Ravena e Souza (2016) relatam que essa realidade sazonal da Amazônia cada vez mais atípica suscita a necessidade de adoção de um conjunto de medidas que reduza essas vulnerabilidades sociais e ambientais bem como requer a elaboração de estratégias mitigadoras e adaptativas adequadas a essas áreas.

Para respaldar as tomadas de decisão no processo de construção dessas ações, a produção do conhecimento demanda um novo caminho - a necessidade de estabelecer um diálogo entre os atores que avaliam, gerenciam e vivenciam o risco. A governança do risco surge então como uma estratégia para minimização dos impactos dos eventos extremos e prevenção dos danos sofridos pelas populações afetadas.

A abertura da discussão e do processo decisório implica no reconhecimento de que a comunicação de risco não deve se limitar ao modelo no qual os peritos repassam os conhecimentos e suas verdades científicas para os leigos a fim de evitar-lhes a permanência na insipiência. Em situações de riscos, é imprescindível a relevância do "conhecimento das condições locais, uma vez que auxiliam a determinar quais dados são consistentes e relevantes, e também a definir os problemas que devem ser alvo das políticas" (Funtowicz e Ravetz, 1997, p. 229).

Para Di Giulio e Ferreira (2010) o acesso a tais informações só é possível quando há o reconhecimento de que aquelas pessoas que vivenciam o risco também possuem seu próprio conhecimento sobre os problemas que as atingem e que, portanto, é necessário abrir um diálogo com elas. Sendo assim, pesquisadores, órgãos de governo, agências reguladoras e indivíduos sob circunstâncias de risco têm reconhecido a necessidade de colocar em prática a "governança do risco", termo que descreve um novo arranjo institucional no qual o processo decisório é percebido como coletivo, envolvendo atores governamentais e não governamentais.

Este estudo apresenta uma reflexão sobre o enfretamento de eventos climáticos extremos naturais por comunidades ribeirinhas no Amazonas e como o conhecimento empírico

pode contribuir para fundamentar as bases da governança de risco nessas áreas de vulnerabilidade socioambiental. No primeiro momento, são apresentadas as vertentes de pesquisas (naturalista e antropogênica) que explicam e justificam as mudanças climáticas, bem como os eventos climáticos atípicos.

Posteriormente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a governança de risco, apontada como proposta para os ribeirinhos lidarem com riscos socioambientais ocasionados pela variabilidade climática atípica, relacionando-a com caminhos para a construção de uma governança de risco amazônica a partir das experiências dos ribeirinhos. O estudo oferece subsídios para a elaboração de estratégias concernentes à prevenção e à mitigação de situações de risco de secas e cheias extremas no Amazonas, que podem ser consideradas nas ações de planejamento governamental para a região.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa recorreu à revisão de literatura por meio da plataforma *Scientific Eletrônic Library Online* (SCIELO). As palavras chaves utilizadas foram "eventos extremos naturais", "modo de vida ribeirinho" e "governança de risco" e suas correspondentes em língua inglesa "*natural disasters*", "*riverside dwellers's lifestyle*" e "*risk governance".* A coleta de dados ocorreu de dezembro de 2017 a agosto de 2018 e o critério de seleção/inclusão de artigos foi baseado primeiramente na leitura do resumo para verificar a compatibilidade com o tema desse trabalho.

Após a seleção dos artigos conforme os critérios de inclusão previamente definidos, foram seguidos, nessa ordem, os seguintes passos: leitura exploratória; leitura seletiva e escolha do material que se adequassem aos objetivos e tema deste estudo; leitura analítica e análise dos textos, finalizando com a realização de leitura interpretativa e redação (Gil, 2006). A etapa seguinte constituiu-se um *corpus* do estudo agrupando os temas mais abordados nas seguintes categorias: mudanças climáticas e seus impactos, reflexos de eventos climáticos extremos no modo de vida ribeirinho amazônico e por fim, governança de risco – uma alternativa para os ribeirinhos.

Também foram utilizadas informações coletadas em visita exploratória nas comunidades de Bracinho, Braço Grande e Repartimento do município de Manicoré, localizado na mesorregião sul do Estado do Amazonas.

Destaca-se que para adentrar nas comunidades ribeirinhas citadas e considerando o respeito pela dignidade humana e pela especial proteção de vida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos, esse projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP da UFAM, conforme as resoluções do Ministério da Saúde nº 466/12 e 510/16 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2018). Foi aprovado sob o código CAAE: 01960818.7.0000.5020 e Número do Parecer: 3.102.962.

A coleta de dados foi realizada mediante observação direta, conversas informais e anotações realizadas em caderno de campo. Os dados coletados foram sistematizados e os resultados são apresentados pelo método descritivo (Pereira, 2007).

3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS

O clima do planeta resulta de uma interação entre a energia solar irradiada e variáveis físicas (massas líquidas, relevo, comunidades vegetais, entre outros) cujas distribuições são heterogêneas no espaço terrestre. Tais inter-relações geram a multiplicidade de

tipologias climáticas na Terra, as quais são condicionadas pelas variações geográficas e pela influência desses atributos físicos (Ferreira et al., 2017). Segundo os mesmos autores, como o planeta se trata de um sistema não estático, quando sofre alterações, responde de forma natural e dinâmica, ocorrendo o fenômeno conhecido como mudança climática.

Para Tilio Neto (2010) mudanças climáticas vão aquém de uma simples resposta do ambiente às perturbações diante de eventos atípicos. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC:

> "Mudança climática se refere a uma variação estatisticamente significativa nas condições médias do clima ou em sua variabilidade, que persiste por um longo período – geralmente décadas ou mais. Pode advir de processos naturais internos ou de forçamentos naturais externos, ou ainda de mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo" (IPCC, 2001, p. 368, traduzido por TILIO NETO, 2010).

Sendo assim, a vasta literatura sobre a temática sugere que esses eventos não são inéditos, pois conforme estudos promovidos pelas paleociências, o planeta foi submetido a períodos de alternância em sua temperatura por meio de eras de resfriamento e aquecimento durante todo o processo evolutivo da Terra (Leite, 2015a; Oliveira et al., 2015).

Para tanto, surge no fim do século XVIII a teoria de Uniformitarismo, tornando-se pioneira em admitir que há vários processos no complexo terrestre que operam ciclicamente. Nesse sentido, Umbgrove (1947), em sua obra intitulada "Pulso da Terra" dissertou sobre significativas evidências que sustentam essa hipótese, uma vez que demonstrou constância nos padrões climáticos, nas mudanças no nível do mar, nos episódios tectônicos e vulcânicos.

Por essa razão, Oliveira et al. (2015) concordam que a variabilidade do clima ocorre naturalmente em detrimento do tectonismo, do vulcanismo, das oscilações oceânicas, da variação da radiação solar, dos parâmetros orbitais terrestres, da colisão dos corpos celestes, dentre outros (Faustinoni e Carneiro, 2015).

Em face disso, para essa vertente de pesquisadores é um grave equívoco considerar que pudesse existir "um estado imutável do clima" e conjecturar presunçosamente de que as ações antrópicas seriam capazes de perturbar uma suposta estabilidade climática. Nestes termos, ao divergirem quanto o papel do homem nesse processo, a receptividade dessa perspectiva naturalista é enfraquecida, tal qual pode ser verificada por intermédio de escassos trabalhos científicos que debatem e corroboram essas ideias (Molion, 2007).

Em contrapartida, a corrente de cientistas que associam as variações no padrão de temperatura média global às intervenções humanas é abundante. Santos, Melo e Brito (2016) ratificam que é a concepção mais aceita atualmente, posto que se propaga que a dinâmica climática global sofra interferência humana em virtude da exploração intensa da natureza e dos seus recursos (Sanches, 2009; Meirelles Filho, 2014).

Para Braga et al. (2001) essas ingerências se iniciaram ainda no período Paleolítico, quando o hominídeo vislumbrou a manipulação do fogo e ainda que de forma tímida e incipiente, esse progresso promoveu os primeiros indícios de emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e Óxido Nitroso (N_2O) para atmosfera. Anos mais tarde, com o advento da revolução industrial, esse processo foi intensificado por intermédio de novos

aparatos tecnológicos como motores à combustão e a queima da principal matriz energética – os combustíveis fósseis.

Para Blank (2015) a repercussão desta amplificação pode ser observada nos relatórios concedidos pelo IPCC, os quais sinalizam que a concentração de CO_2 – o protagonista para os gases de efeito estufa (GEE) aumentou de 280 ppm para 379 ppm (ppm = partes por milhão). Os impactos desse crescimento são elucidados por Marengo et al. (2008) quando rotulou a década de 1990 como a mais quente dentre todas as medições efetuadas no fim do século XIX.

Segundo Leite (2015b), na segunda metade do século XX, o estudo climático tornou-se visionário quando não mais se conteve em apenas verificar as regularidades estatísticas do clima, mas se propunha a simulá-lo por meio de modelos climáticos a partir das tendências de temperatura do ar e precipitação para um determinado local.

Sob essas circunstâncias, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) por meio do projeto intitulado "Índices de Detecção de Mudanças Climáticas" objetivou identificar possíveis mudanças no clima, fazendo uma análise dos chamados estudos de monitoramento e detecção de alterações climáticas, auxiliados por ferramentas como o Modelo de Circulação Geral (MCGs) capazes de modelar o clima de diversas regiões do globo através das variações de extremos (Araújo et al., 2015).

Sendo assim, o IPCC (2013) declara que muitos estudos têm analisado as mudanças nos extremos climáticos e têm, geralmente, identificado que as temperaturas mínimas têm aumentado mais rápido do que às máximas. Estudos conduzidos por Santos (2011) averiguaram tendências anuais de 20 índices extremos de temperatura e precipitação no Estado de Utah - EUA durante o período de 1930 a 2006, e como produto, obtiveram um aumento na temperatura do ar durante o último século na região.

Pesquisas similares, como aquelas de Hu, Maskey e Uhlenbrook (2011) investigaram tendências de índices extremos de temperatura e precipitação nos anos de 1960 a 2006 para a região do Rio Amarelo, na China, e como resposta apresentaram tendências significativamente positivas para todo o período estudado, configurando-se como aumento das temperaturas mínimas, porém, no que tange aos índices extremos de precipitação não apresentaram mudanças sazonais significativas.

A precipitação é uma variável climática imprescindível, sobretudo, nos trópicos, e, examinar os seus extremos em escala regional é demasiadamente relevante e significativo. Easterling *et al*. (2000) evidenciam que pesquisas recentes têm mostrado os efeitos das alterações climáticas na precipitação em todos os continentes, acentuando-se nos Estados Unidos, Austrália, Japão, Noruega, África do Sul e Canadá e reduzindo-se na China, Japão, Etiópia e Tailândia.

Em se tratando da América do Sul, Franca (2014) realizou análises em 37 localidades na Bolívia em 2013/2014, e notou que houve anomalias pluviais, com destaque para Rurrenabaque, cidade às margens do rio Beni – na qual choveu 1829,9 mm apenas no trimestre (dezembro, janeiro e fevereiro), o que equivale a 122,2 % acima da média para o período – 823,6 mm.

Franca e Mendonça (2015) sugerem que dados de chuvas extremas no centro-norte da Bolívia e no sudeste do Peru, onde se encontram os principais afluentes do rio Madeira – os rios Beni, Mamoré e Madre de Dios, tiveram importância fundamental, do ponto de vista meteorológico, na ocorrência das enchentes e inundações excepcionais dos rios do sudoeste da Amazônia em 2013. Os relatórios de Avaliação de Danos da Defesa Civil do

Amazonas (AVADAN) publicados a partir de 1982 catalogou danos causados por enchentes em 1982, 1989, 1993, 1994, 1997, 2002 e de 2005 a 2010 (Borma et al., 2013).

Dados mais recentes apresentados por Franca (2015) destacam que em 2013, o rio Negro em Manaus registrou sua oitava maior cheia da história, deixando vários municípios em situação caótica no Amazonas, incluindo a capital – Manaus. O rio Negro chegou à marca de 29,28 metros contra sua média histórica de 27,79 m definida com base nos dados de 1903 a 2015, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e Superintendência Estadual de Navegação, Portos e Hidrovias (SNPH) (Toledano e Lifsitch, 2018).

A Amazônia também é recorrentemente afetada por eventos climáticos extremos associados à escassez de chuva. Alves et al. (2013), por exemplo, salientam que a incidência de severa estiagem nessa região pode ser associada ao aquecimento do Pacífico (*El Niño*) nos anos de 1925/26, 1982/83, 1997/98. Todavia, as grandes secas que acometeram 1963/64, 1970, 1987, 2005, 2006, 2009 e 2010 não foram necessariamente influenciadas por tal fenômeno (Borma et al., 2013).

No que concerne aos episódios mais recentes, Lewis et al. (2011) basearam-se em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para modelar a abrangência espacial das secas de 2005 e 2010. Os autores concluíram que a seca de 2010 foi mais intensa e atingiu uma área maior da Amazônia – aproximadamente 3 dos 5,3 milhões de quilômetros quadrados analisados, contra 1,9 milhão na seca de 2005.

Embora se tenha observado a frequência de eventos chuvosos extremos e de intensas estiagem, Santos e Sansigolo (2010) por meio da análise do Índice de Precipitação Normalizada (IPN) para encontrar tendências no comportamento da chuva em Belém, Manaus e Iauaretê (AM) no período 1925-2007, puderam concluir que “qualquer que seja a escala temporal empregada no IPN, as frequências de eventos chuvosos extremos foram superiores a dos eventos secos, principalmente em Iauareté no (AM)”.

Sendo assim, Oliveira, Mafra e Soares (2012) ressaltam que a ocorrência desses eventos no Amazonas atinge com mais intensidade as comunidades que se instalaram ao longo das margens dos rios. Para esses autores, os ribeirinhos são mais expostos e vulneráveis a esses incidentes climáticos naturais (variações extremas de cheias e secas), haja vista que inundam ou drenam a planície desestabilizando-a, inutilizam o cultivo de suas plantações, dificulta-lhes a locomoção, ocasiona o isolamento e prejudicam os auxílios governamentais durante esses episódios.

A pesquisa elaborada por Costa, Ravena e Souza (2016) no interflúvio Purus-Madeira, também no Amazonas apontam que a governança de risco é uma das ferramentas capazes de minimizar o enfretamento dessas problemáticas. Reforçam que sejam desenvolvidas ações integradas nos diferentes níveis (local, regional, nacional e internacional), incorporando todos os atores e os múltiplos interesses envolvidos no sistema e fortaleçam as ações preventivas, pois atualmente o que ocorre no cenário amazônico são as ações emergenciais como a prestação de assistência às famílias afetadas pelo cadastramento e remoção dessas famílias, formação de abrigos temporários, atendimento médico, odontológico e psicológico nos abrigos, segurança pública e assistência humanitária (coleta e distribuição de suprimentos).

4. REFLEXOS DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS SOBRE O MODO DE VIDA RIBEIRINHO AMAZÔNICO

O relatório "O clima global 2011-2015" (*The global climate 2011-2015: heat records and high impact weather*) elaborado pela Organização Metereólogica Mundial (*The World Meteorological Organization*) publicado em 2016 analisou 79 eventos climáticos extremos em todo o planeta e como resultado, indicou que mais da metade desses eventos ocorreram por indução antropogêncica. Declara também que há cada vez mais evidências sobre a relação das mudanças climáticas com os eventos extremos.

Marengo et al. (2007) definem estatisticamente os eventos extremos como sendo grandes desvios de um estado climático moderado em relação à média, caracterizados por apresentar frequência rara, ocorrendo em escalas de tempo que podem variar de dias até milênios.

Brito e Veiga (2015) em seu estudo observacional sobre a frequência, intensidade e climatologia de eventos extremos de chuva na Amazônia para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro no período de 1998 a 2013 mostram que os eventos extremos de chuva ocorrem sobre toda a região amazônica, apresentando valores médios máximos sobre o oeste, sudoeste e sudeste do Amazonas e nordeste dos Estados do Pará e Amapá, com valores mínimos sobre o Estado de Roraima. A partir disto os autores sugeriram que quanto menor é a frequência de um determinado tipo de evento, maior é a intensidade do mesmo. O estudo exemplificou e analisou três eventos ocorridos no Brasil: a enxurrada com deslizamento de terra no Rio de Janeiro, em 2011 (considerado o evento único deste tipo que teve mais mortes no mundo: mais de 900), a seca em São Paulo, entre 2013 e 2015, e a seca na Amazônia entre 2014 e 2015.

Em vista dos eventos climáticos extremos na Amazônia brasileira, os principais efeitos podem ser observados na alteração do seu regime hidrológico, caracterizado pela dinâmica de secas e cheias dos seus rios. Inundações e vazantes que acontecem anualmente são particulares das áreas de várzeas, transformando o espaço em ambientes terrestres e aquáticos cujas fases compreendem a cheia, com o período de pico de inundação; a vazante, retratada como "a descida das águas"; a enchente, que diz respeito à "subida das águas" e a seca, época em que as águas atingem o nível mínimo (Pereira, 2015).

Para o homem amazônida esse processo faz parte de sua cultura, visto que aprendeu a importância dessa dinâmica para acompanhar os processos de transformações das paisagens nas quais está inserido. No entanto, a variabilidade sazonal dos rios da região ocorrida na primeira década do século XXI vem interferindo negativamente nessas comunidades (Oliveira, Mafra e Soares, 2012), pois implica na modificação ou na inviabilidade dos modos de vida tradicionais das comunidades ribeirinhas.

Nascimento (2017) em sua pesquisa sobre as implicações da mudança no nível das águas do rio Amazonas no modo de vida dos ribeirinhos argumenta que as criações de aves dos moradores das comunidades pesquisadas obedecem a dinâmica das águas, mas as cheias extremas têm levado à diminuição da quantidade de espécies e do número de pessoas dispostas a investir nesta atividade.

A autora evidencia a mudança de hábitos dos ribeirinhos que residem em comunidades do município de Careiro da Várzea – Amazonas, pois em um contexto de cheias frequentes (inundações anuais) têm levado os moradores dessas comunidades a consumirem o frango comprado na cidade, elevando o custo da cesta básica dessas famílias. Além disso,

aqueles que ainda persistem na criação de aves, se veem obrigados a vender tudo quando a subida da água se aproxima, antes que o quintal de suas casas seja alagado.

Outra adversidade observada em condições de alagações demoradas enfrentadas pelos ribeirinhos amazônicos é a morte de árvores frutíferas não adaptadas às cheias intensas e como consequência, a paisagem de determinadas áreas de várzea é alterada, diminuindo a diversidades de espécies da flora local (Lopes e Piedade, 2015).

Estudo conduzido por Oliveira, Mafra e Soares (2012) no município de Manaquiri – AM, indicou perdas significativas na agricultura. De acordo com trecho do relatório da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC), durante a cheia de 2009, o agricultor perdeu toda sua produção antes do tempo normal da colheita e não houve tempo para salvar nem mesmo a semente, o que causou preocupação de como iniciar sua produção de mandioca, macaxeira, batata e banana.

A Federação dos Trabalhadores da Agricultura do Estado do Amazonas (FETAGRI-AM) informou que as perdas foram expressivas, pois muitos agricultores do município que participam de projetos agrícolas aderiram a financiamentos para iniciar o cultivo de suas culturas e em decorrência da enchente de 2009, não conseguiram saldar suas dívidas. A prefeitura da cidade decretou estado de calamidade pública e as escolas tiveram seu funcionamento interrompido para abrigar a população ribeirinha.

Anos mais tarde, na comunidade ribeirinha amazonense Cristo Rei, a enchente de 2012 foi tão intensa que houve o transbordo do igarapé do Rei, alagando a maioria das casas e deixando muitas famílias desabrigadas. O governo local enviou uma balsa contendo dez barracas dormitórios com capacidade para dez famílias, equipadas com colchões, mosquiteiros, caixa d'água, filtro de água, kit de higiene e banheiro químico, tendo em vista minimizar a situação de desabrigo de cerca de 100 pessoas (DEFESA CIVIL DO AMAZONAS, 2012).

A influência desses eventos climáticos atípicos também pode ser observada na economia dos ribeirinhos. Segundo o levantamento do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), as culturas mais afetadas com a cheia de 2015 foram a mandioca, banana, macaxeira, além da criação de pequenos animais. O prejuízo estimado pela cheia de 2012 chegou a R$ 34,6 milhões (IDAM, 2012).

Nascimento (2017) revela que as atividades de pecuária praticada pelos ribeirinhos estão sendo abandonadas devido às dificuldades de mantê-los no chão das propriedades. A criação animal está se tornando cada vez mais dispendiosa, uma vez que o rebanho (aves, bovinos e caprinos) precisa migrar para áreas de terra firme em épocas de cheias. Segundo a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Agropecuário de Careiro da Várzea/Am as cheias extremas refletem principalmente na produção de carne e de leite, tendo sido estimadas perdas de 3.110 litros de leite e 50 toneladas de carne em 2015.

Os eventos extremos naturais vêm afetando também a atividade pesqueira na Amazônia. Para Doria et al. (2016) a pesca é uma das principais atividades extrativistas da região e sua rentabilidade está relacionada à subsistência e geração de renda na falta de alternativas econômicas aos ribeirinhos. Durante as cheias extremas, os cardumes se espalham pelos grandes rios agregados aos lagos, dificultando a captura, e em épocas de seca, os peixes ficam presos nos igarapés e acabam morrendo por falta de oxigênio.

O modo de vida ribeirinho também é influenciado pelas secas extremas. As vazantes históricas de 2005, 2010 e 2015 contribuíram para eliminar árvores, peixes e dificultou o acesso às comunidades que é realizado pelos rios. Oliveira, Soares e Mafra (2012)

descreveram a estiagem de 2005 como uma "seca que ocorre uma vez a cada 100 anos", mas a região foi atingida por duas secas extremas em 2010 (FRANCA, 2015) e 2016, sendo esta mais severa do que suas antecessoras (Erfanian, Wang e Fomenko, 2017).

Oliveira, Mafra e Soares (2012) revelaram em sua pesquisa que a grande estiagem que atingiu a sede do município de Manaquiri em 2005 impossibilitou a utilização dos percursos fluviais. A prefeitura municipal alugou caminhões para auxiliar as vítimas da estiagem nesse período uma vez por semana, pois os ribeirinhos não tinham transporte terrestre para se deslocar. As famílias, na época, locomoviam-se por carona em caminhão e lembrava a situação dos retirantes do Nordeste. A única evidência de que se tratava do Estado do Amazonas era o filete de rio ao fundo.

Em 2023, novamente o Amazonas é acometido por uma estiagem severa a qual pode ser evidenciada nas palavras do atual secretário da Defesa Civil do Amazonas - Coronel Francisco Ferreira Máximo Filho: "Chegamos num estágio em que precisamos unir os três entes federativos: União, Estado e Município. Hoje deixamos mil cestas em Manacapuru e mais mil para o município de Caapiranga, que é o primeiro lote da remessa de ajuda humanitária. E assim vamos prosseguir porque é uma situação de estiagem muito severa", a qual atinge hoje 55 dos 62 municípios do Amazonas" (DEFESA CIVIL DO AMAZONAS, 2023).

Outra consequência dos eventos extremos na região é a ausência de água potável e de saneamento básico, que dificulta a realização das atividades domésticas, a higiene pessoal, aumentando o risco de ocorrência de doenças (Pojo, Elias e Vilhena, 2014). Conforme Oliveira, Mafra e Souza (2012, p. 981):

> as crianças passaram a queixar-se de dores estomacais devido ao uso da água insalubre. As pessoas que vivenciaram esse episódio descrevem que não tinham dinheiro para comprar água mineral, pois os comerciantes elevaram o valor do produto. A água utilizada pela população para higiene e preparo da alimentação era oriunda das "cacimbas", esta água após recolhida era colocada no filtro de barro para posterior consumo.

Costa (2014) apresenta em estudo realizado com ribeirinhos amazonenses que a maioria utiliza como fonte de água os rios ou igarapés mais próximos às residências, e os dejetos sanitários são lançados diretamente no ambiente. Esta situação pode contribuir para a contaminação do lençol freático e dos recursos hídricos locais (rios, lagos, igarapés etc) mediante o processo de cheia e seca dos rios, e consequentemente provocar o aparecimento de doenças como verminoses, cólera e hepatite. Marengo et al. (2011) relataram graves problemas de saúde pública em cheias extremas, como a ocorrência de casos de leptospirose no Amazonas durante a cheia de 2009.

Outro fenômeno que afeta os ribeirinhos é conhecido como "terras caídas", termo dado ao processo de erosão paulatina das terras de várzea (STERNBERG, 1998). Um dos fatores que promovem esse processo é a pressão hidrostática (pressão da água no solo, causada pelo peso e força da gravidade) (CARVALHO, 2006). Nas margens do rio Amazonas essa pressão é mais intensa durante a vazante, causando erosão por escorregamento.

O grau de erosão da margem vai retirando a parte mais alta das terras, eliminando diversas espécies de animais e vegetais, dificultando a permanência de pessoas e seus espaços sociais (casas, caminhos, escolas, posto de saúde, igrejas, áreas de lazer) que são

arrastados pelas terras caídas. Esse processo modifica não somente a paisagem, mas também os modos de vida dos ribeirinhos, levando-os à ocupação de outros espaços.

A literatura científica tem apontado a governança de risco como estratégia para minimizar esses impactos negativos enfrentados pelos ribeirinhos. Um dos principais mecanismos consiste em atenuar a distância entre o diálogo científico e o empírico, entre cientistas e ribeirinhos, sobre questões climáticas e seus efeitos, motivando e fortalecendo a inclusão desses comunitários nos debates, a fim de que possam reforçar suas capacidades adaptativas diante das mudanças ambientais em curso e construir um canal efetivo de comunicação entre peritos, ribeirinhos e políticas públicas, para garantir que estas políticas sejam efetivas e duradouras e não sejam apenas empregadas somente nos momentos de emergências e calamidades.

5. A GOVERNANÇA DE RISCO COMO ALTERNATIVA AOS RIBEIRINHOS DIANTE DE EVENTOS EXTREMOS

A dinâmica da subida e descida das águas dos rios caracteriza a multiplicidade de atividades desenvolvidas pelos moradores que habitam as várzeas amazônicas (Costa, 2014). Essas atividades e o modo de vida vem sendo afetado pelos eventos de cheias e secas extremas na região.

Fatores como intensidade dos eventos, dificuldade de gerenciá-los, insuficiência em desenvolver estratégias para a adaptação e minimização dos seus efeitos e a incapacidade de prevê-los com exatidão, traduzem o cenário no qual os cientistas especialistas em mudanças climáticas trabalham: “esperar o inesperado”.

Partindo dessa premissa, pode-se dizer que ao considerar a probabilidade da ocorrência desses eventos, justifica-se potencializar os mecanismos da governança de risco por meio do investimento em infraestrutura dos municípios, otimização dos sistemas de comunicação (sistemas de monitorização, alerta e alarme) e aprimoramento dos recursos humanos e físicos para que se tenha equipes treinadas e céleres em caso de ocorrência dos eventos. Todavia percebe-se que no Brasil e no Amazonas, principalmente, nas áreas rurais, as instituições não têm recursos e as ações são direcionadas apenas para minimizar os efeitos, não havendo estratégias de precaução (Costa, Ravena e Souza, 2016).

Silva (2007) discute a base para o estabelecimento de uma governança global direcionada à minimização dos impactos das mudanças climáticas e sugere a adoção do “princípio da precaução” e não do “princípio da prevenção”. No Direito ambiental, o “princípio da prevenção” pode ser definido pelas ações que devem ser realizadas para evitar ou reduzir os danos ambientais previstos somente quando há evidências científicas suficientes, enquanto o “princípio da precaução”, trabalha com incertezas, ou seja, as medidas devem ser tomadas sem a necessidade de evidências científicas comprobatórias, podendo ser baseadas em indicativos empíricos. As ações políticas devem voltar-se aos riscos que permeiam as incertezas do presente e do futuro da biosfera, agindo preventivamente (Costa, Ravena e Souza, 2016).

De acordo com o glossário da Defesa Civil o risco pode ser definido como:

> 1 - Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis; 2- Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos; 3-Probabilidade de danos potenciais

> dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais; 4 - Fatores estabelecidos, mediante estudos sistematizados, que envolvem uma probabilidade significativa de ocorrência de um acidente ou desastre e 5 - Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos (BRASIL, 1998).

A gestão do risco refere-se ao empenho para restringir o risco da ocorrência de desastres e prevenção de seus efeitos no âmbito do planejamento do desenvolvimento. Esse conceito surgiu a partir de 1998 devido aos infortúnios oriundos do furacão Mitch, que afetou Honduras, Nicarágua, El Salvador, Guatemala e o sul da Flórida, totalizando prejuízos em torno de 6 bilhões de dólares e a morte de cerca de 18 mil pessoas, tornando-se o marco inicial para reflexões atenciosas voltadas para o papel do desenvolvimento na mudança climática e como seu impacto poderia ser evitado ou reduzido.

O debate sobre as possibilidades e os gargalos da prática da governança do risco como uma estratégia de enfrentamento desses problemas tem sido estimulado, considerando que (i) as percepções individuais do risco influenciam as condutas individuais e coletivas, bem como as ações mitigadoras e adaptativas e (ii) o enfrentamento de situações de riscos associadas às mudanças climáticas requer a prática de um processo decisório aberto e participativo, uma vez que envolve riscos complexos cujas relações de causas e efeitos são difíceis de serem identificadas e mensuradas (Di Giulio e Ferreira, 2013).

Nesta nova estratégia, o diálogo sobre a qualidade e a formulação de políticas para enfrentar problemas e riscos é considerado de fundamental importância e é estendido a todos àqueles afetados pela questão. O desafio no Brasil para gerenciamento dos riscos esbarra nos processos burocráticos, que geram lentidão no atendimento das necessidades da população afetada e dificultam a comunicação entre os municípios, Estados e governo federal para a liberação do auxílio financeiro, evidenciando as vulnerabilidades institucionais do Estado para uma atuação eficaz na prevenção e nas respostas aos desastres ambientais (Valencio e Valencio, 2010).

Os municípios afetados por desastres são obrigados a seguir criteriosamente o passo a passo dos trâmites legais para que os desastres sejam oficializados, mas nem sempre possuem condições e tempo hábil para o cumprimento das etapas exigidas na Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, do Ministério da Integração Nacional que exige: envio de requerimento de reconhecimento ao ministério, acompanhado do decreto municipal ou estadual; preenchimento de formulário de informações do desastre (FIDE), declaração municipal (ou estadual) de atuação emergencial (DMATE ou DEATE) descrevendo a capacidade de recursos locais para as ações emergenciais; parecer local fundamentando a necessidade de reconhecimento federal e relatório fotográfico. O cumprimento dessas etapas é dificultado ainda mais em municípios distantes das capitais, uma vez que o sistema de comunicação é limitado, como é o caso de diversas cidades da região amazônica (Costa, Ravena e Souza, 2016).

Geralmente, após o lento processo de reconhecimento dos desastres, a postura seguinte adotada pelas políticas públicas brasileira foram e ainda são ineficazes, tal como indicam os apontamentos de Nascimento (2017, p. 49-50): “As políticas de governo implementadas para auxiliar as pessoas que moram em áreas de vulnerabilidade, como as várzeas amazônicas, não atacam o problema de forma efetiva. No geral são medidas mitigadoras que minimizam os problemas, mas não os solucionam”.

As informações coletadas nas comunidades rurais ribeirinhas de Bracinho, Braço Grande e Repartimento situadas em Manicoré, no Estado do Amazonas apontam a insuficiência das ações emergenciais em eventos extremos. Segundo relatos dos comunitários, durante o período da seca de 2005 e 2010 as plantações de banana (*Musa paradisiaca*) foram devastadas pela falta de irrigação. Diminuiu a oferta de peixes, fazendo com que os moradores aumentassem o consumo de "frango de gelo", impactando sobre a mudança negativa dos hábitos alimentares. Houve superfaturamento dos preços dos alimentos e dos combustíveis que abastecem os motores das canoas e a geração de energia elétrica e houve o aumento de doenças transmitidas por veiculação hídrica, associado à redução da disponibilidade de remédios.

No episódio de cheia extrema de 2013, as aulas foram suspensas nas escolas, as residências foram alagadas e como a maioria das casas são construídas com madeira ficaram apodrecidas. Os moradores relataram também que eles próprios reconstruíram suas casas e de outros comunitários com madeira extraída da floresta local. Foi possível notar um sentimento de abandono e de esquecimento em relação a ações governamentais, evidenciando as limitações institucionais no Amazonas para solução desses problemas.

Foi possível verificar que um ponto primordial para o estabelecimento de uma governança do risco em áreas ribeirinhas amazônicas é o fornecimento e garantia de comunicação. Nas comunidades avaliadas, os telefones do tipo "orelhão" são carregados por placas solares, mas não funcionam, tornando a comunicação insuficiente. As comunidades dispõem de internet somente nas escolas e relataram que a conexão é muito ruim, sendo ainda o principal modo de comunicação feito verbalmente com as comunidades mais próximas.

Outro aspecto necessário é o investimento em políticas públicas capazes de ampliar a frequência das visitações às comunidades ribeirinhas, prestando-lhes auxílios para otimizar suas capacidades adaptativas, potencializar a infraestrutura dos canais de comunicação a fim de proporcionar-lhes informações em tempo real sobre os boletins meteorológicos e de como interpretá-los. Desse modo, a governa de risco estaria pautada no princípio da prevenção e minimização da exposição dos ribeirinhos aos riscos.

Apesar das dificuldades enfrentadas, os ribeirinhos se mostram proativos e mesmo diante das limitações de políticas e calamidades públicas, desenvolvem constantemente processos adaptativos para minimizar os efeitos dos eventos extremos. Por exemplo, as comunidades avaliadas foram impactadas pela grande cheia do Rio Madeira em 2013 e os comunitários usaram a "marca d'água" nas antigas residências para delimitar o perímetro com risco de futuras inundações. Por isso construíram suas novas residências em locais mais afastados e mais altos. O aprendizado gerado a partir dessa vivência precisa ser considerado no planejamento de estratégias para o estabelecimento de uma governança de risco no Amazonas.

As diretrizes para a governança de risco, sobretudo no que diz respeito à prevenção, deve considerar: o diálogo entre os saberes empíricos e científicos; as experiências locais; a capacidade de adaptação e resistência; a integração das instituições nas diferentes esferas nos processos decisórios e representação da sociedade civil; uma política adequada à realidade amazônica, considerando as grandes distâncias das áreas ribeirinhas e a dificuldade de acesso às cidades; e o investimento em estudos de vulnerabilidades e riscos (Costa, Ravena e Souza, 2016).

Enquanto esses extremos acontecem e a governança de risco inexiste, resta aos ribeirinhos criar e recriar seu modo de viver, adaptando-se a cada experiência de

enfrentamento. O estabelecimento de uma governança do risco surge como uma importante ferramenta preventiva, que estimulará tanto a sociedade, quanto o governo a se mobilizar para diminuir a vulnerabilidade das pessoas em áreas de risco nas áreas de várzeas e margens dos rios amazônicos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto das mudanças no clima global seja ele resultado de ações antrópicas ou de forças naturais, é notável que os eventos extremos vêm se intensificando e trazendo sérias implicações para toda a humanidade. Seus efeitos podem ser observados nas alterações dos regimes hidrológicos amazônicos cujas vazantes e inundações têm se intensificado.

Os fenômenos extremos afetam direta e negativamente as comunidades amazônicas, sobretudo aquelas que vivem às margens de rios, transformando suas relações e seus modos de vida, causando-lhes uma ruptura com sua própria cultura. Tal fato, convida-nos a refletir acerca da importância da continuidade desses saberes e da reinvenção das tradicionalidades como formas de enfrentamento de cheias e vazantes atípicas nas várzeas amazônicas, o que pode ser feito em planos de governança do risco.

Apesar da disponibilidade de recursos humanos, físicos e financeiros e dos instrumentos de gestão disponíveis nos municípios amazonenses para elaboração de estratégias concernentes à prevenção e à mitigação de situações de risco de desastre, os mecanismos institucionais não alcançam uma governança do risco. É necessária uma mudança na gestão das ações da defesa civil, a qual deve ser mais atuante na prevenção da ocorrência de secas e cheias extremas na região, mas o que se observa são esforços mais voltados às respostas, como o socorro e a assistência às populações afetadas.

O processo de governança de risco implica em incluir uma pluralidade de opções que representem os diferentes interesses e valores de todos os atores envolvidos, abrindo o processo decisório para que hajam oportunidades de inclusão das reais demandas dos afetados. A governança de risco se mostra como um caminho para o enfrentamento dos impactos negativos causados pelas secas e cheias extremas no Amazonas, podendo evitar ou mitigar o sofrimento dos ribeirinhos durante os episódios severos.

REFERÊNCIAS

[1] Ab'sáber, A. Ecossistemas do Brasil. São Paulo: Metalivros, 2006. 299p.

[2] Alves, L. M.; Marengo, J. A.; Cavalcanti, I. F. A. Histórico de secas na Amazônia. São Paulo: Oficina de Textos, p. 21-27, 2013.

[3] Araújo, F. R. da C. D.; Santos, C. A. C. dos; Nascimento, F. das C. A. do. Estudo dos índices extremos de temperatura na bacia hidrográfica do baixo rio Colorado - EUA. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n.1, p. 29-36, 2015.

[4] Barcellos, C.; Monteiro, A. M. V.; Corvalán, C.; Gurgel, H.C.; Carvalho, M. S.; Artaxo, P.; Hacon, S.; Ragoni, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 18 (3), p. 285-304, 2009. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v18n3/v18n3a11.pdf. Acesso em: abr. 2018.

[5] Batista, D. O complexo da Amazônia. Análise do processo de desenvolvimento. Manaus: Editora Valer, 2007.

[6] Blank, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, mai./ago. 2015.

[7] Borma, L. de S.; Tomasella, J.; Roballo, S. T.; Cuartas, L. A.; Rodrigues, D. A.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da Defesa Civil. São Paulo: Oficina de Textos, p. 305-337, 2013.

[8] Braga, A.; Böhm, G. M.; Pereira, L. A. A.; Saldiva, P. Poluição atmosférica e saúde humana. Revista USP, v. 51, p. 58-71, 2001.

[9] Brito, A. L; Veiga, J. A. Um estudo observacional sobre a frequência, intensidade e climatologia de eventos extremos de chuva na Amazônia. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, p. 163 – 169, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/download/16233/pdf. Acesso em: jun. 2018.

[10] BRASIL. Ministério do planejamento e orçamento. Secretaria especial de políticas regionais, departamento de defesa civil. Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres. 2ª Edição. Revisada e Ampliada. 1998. Disponível em: http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf. Acesso em:11 jun. 2018.

[11] Bursztyn, M.; Eiró, F. Mudanças climáticas e distribuição social da percepção de risco no Brasil. Revista Sociedade e Estado, v. 30, p. 471-493, 2015.

[12] COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Cheia 2012. Disponível em: http://www.defesacivil.am.gov.br/Governo%20do%20Estado%20do%20Amazonas. Acesso em: 13 mai. 2018.

[13] Carvalho, J. A. L. Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera, Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara – AM, Brasil. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

[14] COSTA, F. S. da. A dinâmica dos recursos comuns em Unidades de Conservação e Assentamentos Rurais no Amazonas: uma abordagem fuzzy set. 2014. 363 f. Tese (Doutorado em Ciências Socioambientais) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

[15] COSTA, F. S. da.; RAVENA, N.; Souza, R. M. da. Capacidade institucional para governança de risco no interflúvio Purus-Madeira (Amazonas). RBCIAMB, n. 39, p. 28-46, mar, 2016. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/157/124. Acesso em: 11 jun. 2018.

[16] Di Giulio, G. M.; Ferreira, B. R. Comunicação e governança do risco: a experiência brasileira em áreas contaminadas por chumbo. Ambiente & Sociedade, Campinas, v.13, n.2, p. 283-297, 2010.

[17] DEFESA CIVIL DO AMAZONAS. Famílias destacam importância da ajuda humanitária do Governo do Amazonas no período de estiagem. Disponível em: https://www.defesacivil.am.gov.br/familias-destacam-importancia-da-ajuda-humanitaria-do-governo-do-amazonas-no-periodo-de-estiagem/ Acesso em: 16 out 2023.

[18] Doria, C. R. da C.; Machado Neto, L. F.; Souza, S. T. B. de; Lima, M. A. L. A pesca em comunidades ribeirinhas na região do médio rio Madeira, Rondônial. Novos Cadernos NAEA, v.19, n. 3, p. 163-188, set-dez, 2016.

[19] Easterling, D. R.; Meehl, G. A; Parmesan, C.; Changnon, S. A.; Karl,T. R.; MEARNS, L. O. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. Science, v. 289, p. 2068-2074, set, 2000.

[20] Faustinoni, J. M.; Carneiro, C. D. R. Movimentos da crosta e relações entre Tectônica e dinâmica atmosférica. Terræ didatica, v. 11-3, p. 173-188, 2015.

[21] Franca, R. R. da. Chuvas extremas e inundações na Bolívia no verão 2013/2014. In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Curitiba, 2014,

[22] Franca, R. R. da. Eventos pluviais extremos na Amazônia meridional: riscos e impactos em Rondônia. 186 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

[23] Franca, R. R. da; Mendonça, F. de A. A cheia histórica do rio Madeira no ano de 2014: riscos e impactos à saúde em Porto Velho (RO). Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, v. 11, p. 62 - 79, dez., 2015.

[24] Funtowicz, S.; Ravetz, J. Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. História, Ciência, Saúde-Manguinhos [online]. 1997, vol.4, n.2, pp.219-230. ISSN 0104-5970. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59701997000200002. Acesso em: 07 de jun. 2018.

[25] Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas; 2006.

[26] Hu, Y; Maskey, S.; Uhlenbrook, S. Trends in temperature and rainfall extremes in the Yellow River source region, China, Climatic Change, v. 110, p. 403-429, 2011.

[27] IDAM. Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Perdas na agricultura. Disponível em: http:www.idam.am.gov.br/município/CareirodaVárzea. Acesso em: 16 de jun. 2018.

[28] Leite, J. C. Do mistério das eras do gelo às mudanças climáticas abruptas. São Paulo, Scientiæ zudia, v. 13, n. 4, p. 811-39, 2015.

[29] Leite, J. C. Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico. São Paulo, Scientiæ zudia, v. 13, n. 3, p. 643-677, 2015.

[30] Lewis, S. L.; Brando, P. M.; Phillips, O. L.; Van Der Heijden, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon Drought. Science, 331, 554, 2011.

[31] Lopes, A.; Piedade, M. T. F. Conhecendo as áreas úmidas da Amazônia: uma viagem pelas várzeas e igapós. 164 p. Manaus: Editora INPA, 2015.

[32] Marengo, J. A.; Alves, L.; Valverde, M.; Laborbe, R.; Rocha, R. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade, relatório 5, p. 08-62, 2007.

[33] Marengo, J.A.; Nobre. C. A.; Tomasella, J. The drought of Amazonia in 2005. Journal of Climate, v. 21, n. 3, p. 495- 516, 2008. doi:10.1175/2007JCLI1600.1.

[34] MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. Geophysical Research Letters, v. 38, p. 1-5, 2011. doi:10.1029/2011GL047436.

[35] Meirelles Filho, J. de S. É possível superar a herança da ditadura brasileira (1964-1985) e controlar o desmatamento na Amazônia? Não, enquanto a pecuária bovina prosseguir como principal vetor de desmatamento. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciênc. Hum. v. 9, p. 219-241, 2014.

[36] Molion, L. C. B. Desmistificando o aquecimento global. Intergeo, v. 5, p. 13-20, 2007.

[37] Nascimento, A. C. L. do. Resiliência e adaptabilidade dos sistemas socioecológicos ribeirinhos frente à eventos climáticos extremos na Amazônia Central. 134 f, Manaus, Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, 2017. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6335/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Ana%20Cristina%20L.%20Nascimento.pdf. Acesso em: 07 jun. 2018.

[38] Oliveira, M. J.de; Baptista, G. M. de M.; Carneiro, C. D. R.; Vecchia, F. A. S. História geológica e ciência do clima: métodos e origens do estudo dos ciclos climáticos na Terra. Revista Terrae, v. 12, p. 1-26, 2015.

[39] Oliveira, V. P.de; Mafra, M. V. P.; Soares, A. P. A. Eventos climáticos extremos na Amazônia e suas implicações no município de Manaquiri (AM). Revista Geonorte, v. 1, n. 5, p. 977 – 987, 2012.

[40] Pereira, H. dos S. et. al. Mortandade de espécies arbóreas causadas por eventos climáticos extremos em áreas inundáveis da Amazônia Central. Projeto Populações humanas Estratégias Adaptativas sobre as Influências dos Eventos Extremos na Amazônia, 2015.

[41] Pereira, J. M. Manual de metodologia da pesquisa científica. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

[42] Pojo, E. C.; Elias, L. G. D.; Vilhena, M. de N. As águas e os ribeirinhos – beirando sua cultura e margeando seus saberes. Revista Margens Interdisciplinar. v. 8, p.177-198, 2014.

[43] Sanchez, A. Atividades Humanas e Mudanças Climático-Ambientais: uma Relação Inevitável. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia nuclear – Reatores) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

[44] Santos, C. A. C. dos. Trends in indices for extremes in daily air temperature over Utah, USA. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, p. 19-28, 2011.

[45] Santos, C. A. C. dos; Melo, M. M.M. S.; Brito, J. I. B. de. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. Revista Brasileira de

Meteorologia, v. 31, p. 1-10, 2016.

[46] Santos, T. S.; Sansigolo, C. A. Frequência de eventos secos e chuvosos na Amazônia usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI). In: Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, 2010.

[47] Silva, A.T. Governança e sustentabilidade das políticas públicas ambientais: processos e atores. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 2007. Disponível em: http://www.ecoeco.org.br/. Acesso em: 23 jun. 2018.

[48] Sternberg, H. O. A água e homem na várzea do Careiro. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2 ed., 330p., 1998.

[49] Tilio Neto, P. de. As mudanças climáticas na ordem ambiental internacional. Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, Scielo Books, p. 37-81, 2010. Disponível em: http://books.scielo.org/id/x9z8z/pdf/tilio-9788579820496-06.pdf. Acesso em: mar. 2018.

[50] Toledano, D.; Lifsitch, A. Seca do rio Negro ganha força e muda paisagens em Manaus. 2015. Disponível em: http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2015/10/seca-do-rio-negro-ganha-forca-e-muda-paisagens-em-manaus.html. Acesso em: 13 ago. 2018.

[51] Umbgrove, J.H.F. The pulse of the Earth. 1947. 385 p, Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-010-3017-5. Acessado em: 11 maio 2018.

[52] Valencio, N.; Valencio, A. O guardador do portal de Hades: elementos sociopolíticos para uma análise acerca do enfrentamento institucional dos desastres no Brasil. In: Valencio, N. Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: RiMa Editora, p. 3-30, 2010.

[53] Ventura, A. C.; García, L. F.; Andrade, J.C.S. Tecnologias sociais: as organizações não governamentais no enfrentamento das mudanças climáticas e na promoção de desenvolvimento humano. Cad. EBAPE.BR, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 605-629, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512012000300009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 21 abr. 2018.

Capítulo 9

Caracterização geológica-hidrogeológica das altas bacias hidrográficas dos ribeirões Santo Antônio e Santa Marta como subsídio a avaliação da disponibilidade hídrica superficial

Derick Martins Borges de Moura
Ivanilton José de Oliveira
Diego Tarley Ferreira Nascimento

Resumo: A disponibilidade hídrica diferencial em bacias hidrográficas adjacentes pode ser influenciada pelo substrato geológico. Dessa forma esse trabalho tem como objetivo caracterizar a geologia e hidrogeologia das altas bacias hidrográficas dos ribeirões Santo Antônio (BHRSA) e Santa Marta (BHRSM), para avaliar as influências na disponibilidade hídrica superficial das bacias. Para isso, foram utilizados métodos de descrição petrográfico, geotecnológicos para mapeamento e quantificação das litologias e análise com o apoio do arcabouço teórico para entender melhor os aspectos geológicos e hidrogeológicos. Também foram realizadas incursões em campo, visando a validação das informações cartográficas, bem como de levantamento de informações que não foram visualizadas nos mapas. O trabalho constatou que a BHRSA está inserida no Arco Magmático de Goiás, contendo unidades litológicas predominante de formações magmáticas e ígneas metamorfizadas (81,8%), seguido de coberturas detrito lateríticas ferruginosas (14,2%), que capeiam as formações magmáticas. Podendo-se dizer que 96% da bacia é de formação ígnea e uma pequena quantidade de formações sedimentares residuais (4%). A BHRSM está inserida predominantemente no compartimento geotectônico da Bacia Sedimentar do Paraná, contendo rochas dessa formação em maioria (65,4%). As bacias estão inseridas em compartimentos geotectônicos distintos. Isso configura que as bacias possuem características geológicas e hidrogeológicas heterogêneas e não fazem parte de um mesmo domínio hidrogeológico. A BHRSA está inserida predominantemente no domínio hidrogeológico cristalino (fraturado), representado pelas litologias do Arco Magmático de Goiás e a BHRSM está inserida predominantemente no domínio hidrogeológico sedimentar (poroso), representado pelas litologias da Bacia Sedimentar do Paraná. As diferenças litológicas fazem com que o comportamento hidrogeológico seja diferente entre as bacias. A BHRSA, apesar de menor, possui maior disponibilidade hídrica superficial devido o divisor topográfico coincidir com o hidrogeológico e drenar água para os canais hidrográficos dentro da área da bacia. Já o divisor hidrografico da BHRSM não coincide com o hidrogeológico, sendo que esse último está inclinado para fora da área da bacia hidrográfica e alimenta a bacia hidrogeológica ou áreas adjacentes.

Palavras-chave: Caracterização geológica-hidrogeológica, bacia hidrográfica, bacia hidrogeológica, disponibilidade hídrica.

1. INTRODUÇÃO

O estudo dos recursos relativos a existência de águas subterrâneas, associado as informações geológicas denomina-se hidrogeologia (GUERRA e GUERRA, 2011). As características geológicas influenciam o comportamento hidrológico superficial e subterrâneo (CAMPOS, 2004; ARRAES, 2008). Sendo assim, para se obter uma interpretação das características hidrográficas e hidrogeológicas de uma determinada área, faz-se necessário o conhecimento da estrutura geológica.

Devido o modelado do relevo ser fortemente influenciado pela ação das águas pluviais e fluviais, a configuração do relevo pode ser dividido por bacias hidrográficas, que são porções do terreno que drenam água para um ponto comum (COELHO NETTO, 1995). Para cada seção definida em um curso hídrico existirá a montante uma bacia hidrográfica. Dessa forma, a bacia é a somatória dos cursos hídricos que escoam pela ação da gravidade até a seção definida, sendo esse ponto chamado exutório (TUCCI, 2004). A bacia hidrográfica é delimitada pela topografia, no entanto, a litologia do subsolo pode fazer com que parte da água que infiltra no solo, escoe para fora da área delimitada superficialmente (TUCCI e MENDES, 2006; CARVALHO e SILVA, 2006).

Os estudos hidrogeológicos desenvolvidos em bacias hidrográficas, surgem principalmente da necessidade de se compreender o funcionamento dos processos que controlam o movimento da água e as influências relacionadas da composição e estrutura litológica sobre disponibilidade do recurso hídrico (WHITEHEAD e ROBINSON, 1993; ARRAES, 2008). Este ciclo é governado, no solo e subsolo, pela ação da gravidade, bem como pela geologia.

A bacia hidrogeológica por sua vez, pode ser definida como o volume subsuperficial através do qual a água flui, desde o lençol freático, até uma zona de descarga específica (TIEDEMANN, GOODE e HSIEH, 1998; ARRAES, 2008). Arraes e Campos (2007), afirmam que pode ser entendido como o limite entre as zonas de recarga e descarga de um determinado aquífero, sendo a zona de recarga considerada a partir da região onde as águas alcançam o topo da zona saturada dos aquíferos, e os exutórios os pontos ou áreas onde as águas retornam à superfície.

Embora fosse conveniente para os estudos envolvendo as bacias hidrográficas que os divisores topográficos coincidissem com os divisores hidrogeológicos, mas estes comumente não são semelhantes (WINTER, ROSENBERRY e LABAUGH, 2003). As bacias hidrogeológicas não são facilmente definidas como as bacias hidrográficas porque não são observáveis da superfície terrestre.

Praticamente toda a água subterrânea origina-se das contribuições superficiais, como a precipitação. Assim, grande parte da água subterrânea existente na Terra originou do ciclo hidrológico, ou seja, no sistema contínuo de circulação de água entre os oceanos, a atmosfera e os continentes (FREEZE e CHERRY, 1979 apud MANOEL FILHO, 2008; ARRAES, 2008).

Manoel Filho (2008) define água subterrânea como aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou nível freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas (incluindo os regolitos), e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas. O estudo da água subterrânea, além de tratar do fluxo em formações saturadas, inclui o movimento da água em meios não saturados nos quais a distribuição de umidade desempenha papel importante no ciclo hidrológico e em muitos processos geológicos (MANOEL FILHO, 2008).

De acordo com Almeida et al. (2006), a caracterização do potencial de um aquífero é determinada por fatores geológicos, associados com o clima, relevo e solo. A associação destes fatores caracteriza e define regiões com o mesmo potencial de armazenamento, circulação e qualidade das águas. Estas regiões são denominadas Províncias Hidrogeológicas (ALMEIDA et al., 2006). Uma província hidrogeológica é uma região de características gerais semelhantes com relação às principais ocorrências de águas subterrâneas (TOLMAN, 1937 apud FEITOSA et al., 2008). O estado de Goiás é a unidade da federação que possui o maior número de Províncias Hidrogeológicas em seu território, contendo porções das províncias: Escudo Central, São Francisco, Escudo Oriental, Paraná e Centro-Oeste (ALMEIDA et al., 2006).

Bomfim (2010) define um domínio hidrogeológico como a entidade resultante do agrupamento de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas.

Almeida et al. (2006) classificam os aquíferos do estado de Goiás em dois grupos, os freáticos e os profundos. Os grupos classificam-se em domínios, em função do tipo de porosidade predominante, sendo denominados de: intergranular, fraturado, dupla porosidade, físsuro-cárstico e cárstico. Dentro dos diferentes domínios, foram classificados vinte e cinco sistemas aquíferos, sendo três freáticos e vinte e dois profundos.

Campos (2004) afirma que os aquíferos porosos são caracterizados pelos meios geológicos onde os espaços vazios totais (porosidade) são intergranulares, ou seja, a água ocupa os poros entre os minerais constituintes do corpo rochoso. Esse domínio engloba os solos, manto de alteração das rochas (saprólito) e materiais acumulados em calhas de drenagens (aluviões).

A importância local dos aquíferos desse domínio o está vinculada a vários parâmetros, dos quais dois são destacados: a espessura saturada e a condutividade hidráulica, sendo que ambas são diretamente controladas pela geologia e pela geomorfologia de seu substrato (CAMPOS, 2004).

Os aquíferos fraturados são caracterizados pelos meios rochosos, onde os espaços ocupados pela água são representados por descontinuidades planares, ou seja, planos de fraturas, microfraturas, zonas de cisalhamento, falhas entre outros. A capacidade de armazenamento e transmissão de água subterrânea em rochas do domínio fraturado está diretamente ligada à existência de sistema de fraturas e fissuras na rocha (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998).

Para facilitar a caracterização geológica e hidrogeológica de uma área, podem ser utilizadas ferramentas geotecnológicas a partir do processamento dos dados obtidos em campo e também dos dados produzidos pelos serviços geológicos governamentais, numa interação entre mapeamento de gabinete e incursões em campo (FREITAS, 1998; MOURA e SOUSA, 2014).

Para que haja uma melhor compreensão dos aspectos geológicos e hidrogeológicos, é importante o mapeamento que auxilie na sua espacialização, pois assim é possível perceber as dimensões das diferentes feições e formas, bem como mensurar a sua influência no espaço analisado. A construção do perfil topográfico-geológico auxilia na identificação dos contatos litológicos e da intensidade do mergulho das camadas, que facilitará a compreensão da dinâmica hidrogeológica. De acordo com Winge (1995), o perfil topográfico-geológico faz uma representação gráfica dos cortes verticais da geologia segundo segmento de reta marcado no mapa e resultante da projeção e interpretação de dados superficiais de campo.

Segundo Arraes (2008) diversas são as possibilidades de aplicação de geotecnologias para o mapeamento de áreas de recarga ou descarga. A construção de um perfil topográfico-geológico pode indicar limites de bacias hidrogeológicas e sua relação com os limites da bacia hidrográfica. A simples observação de padrões de vegetação em um determinado ambiente pode representar um indicador de recarga ou descarga de água subterrânea (FETTER, 2001), como por exemplo, em regiões com climas sazonais ou semiáridos onde a ocorrência de vegetação pode sugerir presença de umidade no solo que provavelmente contribui com a recarga ou descarga.

Objetivando identificar tanto áreas de recarga quanto descarga de água subterrânea, Tweed et al. (2007) utilizaram dados de campo combinados com sensoriamento remoto e SIG, com a finalidade de correlacionar feições superficiais com processos de água subterrânea.

Diversas situações podem fazer com que os limites das bacias hidrogeológicas não sejam coincidentes com os das bacias hidrográficas. Há casos em que uma bacia hidrogeológica possui área muito maior que a da respectiva bacia hidrográfica (TIEDEMANN, GOODE e HSIEH, 1998; ARRAES, 2008).

Nesse contexto, existem duas bacias hidrográficas vizinhas, a Alta Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (BHRSA) e a Alta Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Marta (BHRSM), situadas no oeste do estado de Goiás, próximas a cidade de Iporá, que possuem comportamento hidrológico distintos, segundo Moura et al., (2018) a BHRSM possui mais que o dobro da área da outra, porém menor disponibilidade hídrica no período de estiagem.

Assim, o objetivo deste estudo foi executar uma caracterização geológica-hidrogeológica comparativa nas BHRSA e BHRSM, no intuito de melhor entender as diferenças ou similaridades dessas unidades hidrográficas e avaliar a influência na disponibilidade hídrica superficial das bacias, visando abastecimento da cidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para compilação dos mapas geológicos foi utilizada a base de dados disponibilizada no Sistema de Geociências (GeoSGB), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) através do *download* das folhas SE.22-V-B-III (Iporá) e SE.22-V-B-VI (Amorinópolis) em formato *shapefile* (shp), na escala de 1:100.000, sendo as folhas unidas e recortadas para as áreas das bacias, para então se proceder à quantificação e descrição das litologias presentes nas áreas em estudo. O mapa base da hidrogeologia foi a Folha SE.22 Goiânia: carta hidrogeológica em escala de 1:1.000.000, obtido no Repositório Institucional de Geociências - RIGEO, da CPRM (2016).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) e o sombreamento do relevo usados na composição dos mapas, foram obtidos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), derivado do processamento de imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). A organização e elaboração dos produtos cartográficos das bacias hidrográficas foram feitas por meio do *software* QGIS (v. 2.18.9). Foi utilizado para os mapas uma rede de coordenadas planas, baseada no sistema de referência geodésico SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), e projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 22S.

Todos os dados vetoriais obtidos ou confeccionados foram abertos no programa Google Earth Pro, sendo programado os trajetos e localidades para verificação em campo. Nos trabalhos de campo (na data 14/09/2018) foram feitas as validações em relação ao mapeamento geológico executado pela CPRM, com coleta de amostras de rochas *in loco* e conferindo se a rocha encontrada coincide com o que foi mapeado pela CPRM. Fez-se um percurso em campo abrangendo todas as ocorrências litológicas mapeadas nas bacias. Foi utilizado o software Google Earth Pro, na sua função de visualização em tempo real, onde foi conectado ao aparelho GNSS (*Global Navigation Satellite System*) modelo Monterra da Garmin e visualizado a atual posição geográfica no programa. Essa função facilitou a chegada no ponto de interesse. As rochas amostradas foram obtidas de cortes de estradas, margens de rios e demais locais de afloramento. Posteriormente foram identificadas conforme suas características morfológicas e mineralógicas e fotografadas. Cada ponto de coleta foi registrado com uso do aparelho GNSS.

Foi utilizado o sistema RIGEO - Repositório Institucional de Geociências, da CPRM, para a busca de bibliografias publicadas abrangendo a área em estudo nesse trabalho. Na descrição geológica e hidrogeológica foram utilizadas bibliografias de trabalhos publicados da região estudada, como o Mapa geológico-geofísico integrado do projeto Oeste de Goiás (LACERDA FILHO et al., 2020), o livro Geologia e recursos minerais do estado de Goiás e Distrito Federal de produção interinstitucional entre a CPRM e a SIC-FUNMINERAL – Superintendência de Indústria e Comércio – Fundo de Fomento a Mineração do estado de Goiás (MOREIRA et al., 2008), o trabalho de integração geológico/metalogenético realizados pela CPRM na Folha Iporá (SE.22-V-B), escala 1:250.000 (MORETON, 2001), o livro Hidrogeologia do estado de Goiás e Distrito Federal (ALMEIDA et al. 2006), o livro Hidrogeologia: Conceitos e aplicações (FEITOSA et al., 2008) além de outras fontes bibliográficas.

Foram elaborados perfis topográficos-geológicos seguindo os procedimentos descritos por Winge (1995), e utilizado o plugin contido no repositório do Qgis, denominado Profile Tool e sua função Terrain Profile. Para informações de dados altimétricos foi carregado o arquivo raster de altimetria do MDE TOPODATA.

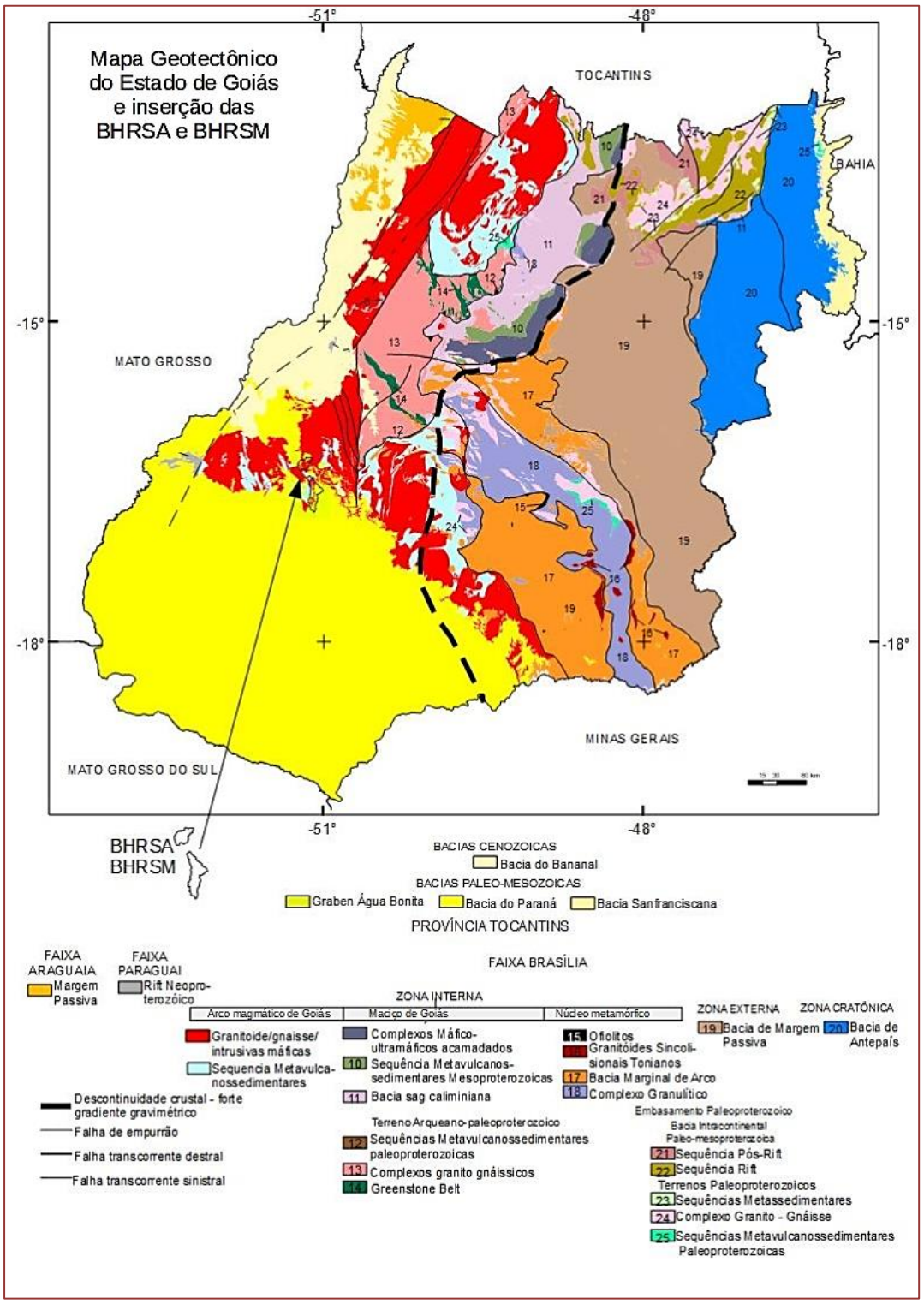
Para a linha de perfil (seção A-B) foi criado um arquivo vetorial de um segmento de reta perpendicular às camadas e estruturas geológicas das áreas em estudo, representando um corte nas litologias e sua interrelação estrutural. A função Terrain Profile, do plugin Profile Tool, desenhou a superfície topográfica conforme identificação dos pontos extremos da seção em A-B no mapa geológico e os dados de elevação do arquivo raster MDE, ilustrando um modelado representativo da realidade topográfica. No layout do Qgis foi desenhado os contatos das camadas geológicas no perfil topográfico e interpretado os mergulhos aparentes das camadas segundo a linha do perfil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHRSA está situada na porção sudoeste da província Tocantins (ALMEIDA et al., 1977), inserida predominantemente no compartimento geotectônico caracterizado como arco magmático de Goiás (PIMENTEL e FUCK, 1992), contendo formações residuais da bacia sedimentar do Paraná, por estar localizada na borda setentrional desse compartimento de coberturas fanerozóicas (ALMEIDA et al., 1977). Na bacia estão expostos ortognaisses (granitóides deformados), rochas da sequência vulcanosedimentar de Iporá, intrusões gabro-dioríticas e graníticas, rochas da suíte alcalina de Iporá, além de formações residuais fanerozóicas da bacia sedimentar do Paraná e coberturas detrito lateríticas ferruginossas (MORETON, 2001; MOREIRA et al., 2008; LACERDA FILHO et al., 2020).

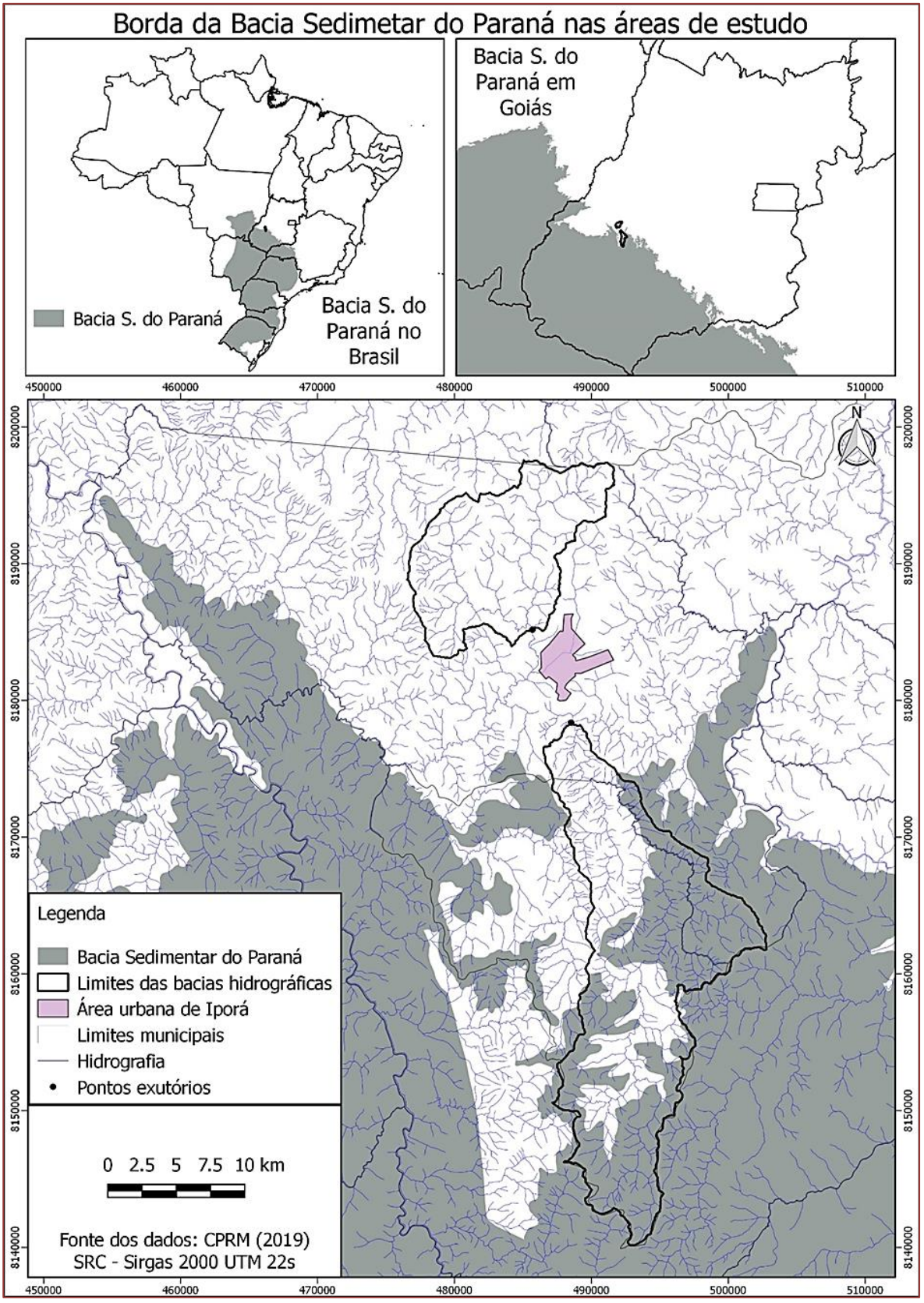
A BHRSM está inserida predominantemente na bacia sedimentar do Paraná, no contato com o arco magmático de Goiás (MORETON, 2001; MOREIRA et al., 2008; LACERDA FILHO et al., 2020), contendo rochas sedimentares, coberturas detríto lateríticas ferruginosas e também granitóides, metavulcanossedimentares e rochas intrusivas máfica-ultramáficas. As litologias das bacias abrangem os grupos de rochas com idades que datam do período Criogeniano ao Quaternário (LACERDA FILHO et al., 2020). As figuras 1 e 2 ilustram a localização das bacias no mapa geotectônico do estado de Goiás e a na bacia sedimentar do Paraná, demonstrando que a BHRSA está inserida no arco magmático de Goiás e a BHRSM está na borda da bacia sedimentar do Paraná em contato com o arco magmático de Goiás.

Figura 16 – Áreas de estudo inseridas no Mapa Geotectônico de Goiás



Fonte: Modificado de Lacerda Filho et al. (2020).

Figura 17 – Bacias hidrográficas e suas inserções na borda da Bacia Sedimentar do Paraná



Fonte: CPRM, (2019).

A BHRSA está inserida na província hidrogeológica do escudo central, que corresponde predominantemente ao domínio hidrogeológico cristalino (fraturado). A BHRSM está inserida majoritariamente na província hidrogeológica do Paraná, sendo um domínio hidrogeológico de bacia sedimentar, correspondente à bacia sedimentar do Paraná. Esta província inclui-se entre as áreas de melhor produtividade de aquífero (FEITOSA et al., 2008).

De acordo com Gabaglia e Milani, (1990), a bacia sedimentar do Paraná corresponde a uma grande bacia paleozoica que ocupa cerca de 1.000.000 de km^2 do território brasileiro. Comporta importantes sistemas aquíferos, como o Guarani, o Serra Geral, o Bauru-Caiuá, o Furnas e o Ponta Grossa. É considerada a mais importante província hidrogeológica do Brasil, por armazenar cerca de 45% das reservas de água subterrânea do território nacional. Tem forma alongada na direção geral norte-sul, com depocentro na porção centro-oeste, onde o preenchimento excede a 7.000m de espessura (MILANI e ZALÁN, 1998).

Segundo Bomfim (2010), O domínio das bacias sedimentares tem alto potencial e constituem os mais importantes reservatórios de água subterrânea, em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta porosidade/permeabilidade de grande parte de suas litologias, o que permite a explotação de vazões significativas.

Existem oito unidades geológicas na BHRSA e onze na BHRSM resultando em composições diferentes e gerando uma dinâmica hidrogeológica heterogênea.

No quadro 1 é apresentado a classificação dos aquíferos segundo a potencialidade de produção de água, representado pela vazão (Q) em m^3/h.

Quadro 1 - Classes dos aquíferos segundo produção de água (vazão (Q) em m^3/h)

Produção de água (vazão (Q) em m^3/h)	Unidades geológicas
Muito produtivos (Q ultrapassa 50 m^3/h)	Formação Furnas
Produtivos (Q entre 10 e 50 m^3/h)	Não há unidade geológica correspondente nas bacias
Pouco produtivos (Q entre 5 e 10 m^3/h)	Formação Aquidauana
Muito pouco produtivos (Q não ultrapassa 5 m^3/h)	Demais unidades litológicas

Fonte: adaptado de Almeida et al. (2006).

Conforme a classificação de Almeida et. al. (2006), os Arenitos da Formação Furnas compõem o aquífero com maior potencialidade de produção de água. Isso significa que a transmissividade hídrica é elevada nessa formação, ou seja, a água circula com facilidade pela litologia.

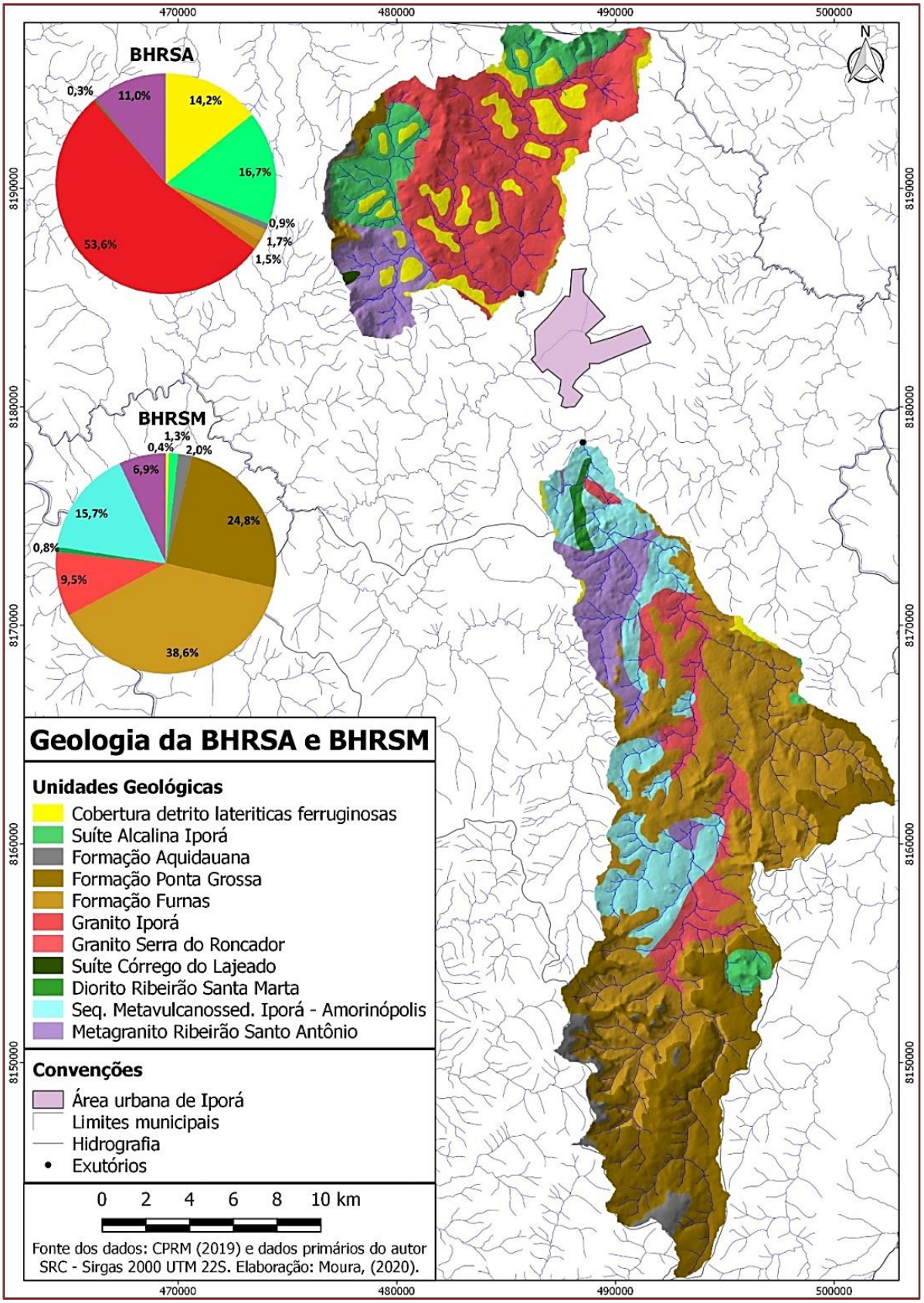
No quadro 2, foi classificado a geologia das bacias em unidades geológicas, período, litotipos e áreas (km^2 e %). Na figura 3 é ilustrado o mapa geológico das bacias com sua distribuição espacial e quantitativa em porcentagem.

Quadro 2 - Classificação geológica das bacias

Descrição			BHRSA		BHRSM	
Unidades geológicas	Período	Litotipos	Área Km²	Área %	Área Km²	Área %
Coberturas detrito laterítica ferruginosas	Quaternário	Sedimentos argilo arenosos laterizados	18,1	14,2	1,1	0,4
Suíte Alcalina de Iporá	Cretáceo	Dunito, Peridotito, Piroxenito, Serpentinito Sienito e Gabro.	21,2	16,7	3,6	1,4
Formação Aquidauana	Carbonífero	Conglomerados basais com seixos de quartzo e Arenitos	1,2	0,9	5,5	2
Formação Ponta Grossa	Devoniano	Folhelhos intercalados com Arenitos finos	2,2	1,7	68	24,6
Formação Furnas	Devoniano	Arenitos arcoseanos e Anenitos conglomeráticos	1,9	1,5	106	39
Granito Iporá	Cambriano	Biotita Granito	68,1	53,6	-	-
Suíte Córrego Lajeado	Ediacarano	Metagabro, Metadiorito, Metaquartzo-diorito e Hornblenditos	0,37	0,3	-	-
Granito Serra do Roncador	Ediacarano	Biotita sienogranito	-	-	26	9,5
Diorito Ribeirão Santa Marta	Ediacarano	Metadiorito foliado	-	-	2,1	0,8
Sequência. Metavulcanossedimentar. Iporá-Amorinópolis – Unidades acida, básica e ultrabásica	Ediacarano	Metadacitos Metarriolitos, Metatufos e Muscovita-quartzo xistos. Metabasaltos Talco xistos, Serpentinitos	-	-	43	15,7
Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Criogeniano	Metamonzogranitos a Metassienogranitos Porfiríticos	14	11,0	19	7
Total			127,0	100	274,3	100

Fonte: Organizada pelo autor (2020) a partir de dados gerados por Lacerda Filho et al., (2020), disponibilizado pelo GeoSGB (2020).

Figura 18 - Geologia da BHRSM



Fonte: Mapa organizado pelo autor (2020) a partir de dados gerados pela CPRM (2019) e Lacerda Filho et al., (2020), disponibilizado pelo GeoSGB (2020).

A BHRSA possui litologia predominante de formações ígneas e ígneas metamorfizadas (81,6%) por estar inserida no arco magmático de Goiás. Quando não contabilizado as coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, que representam apenas a camada superficial, as rochas ígneas e ígneas metamorfizadas, que estão subjacentes, perfazem 96% da área da bacia. Dentre as rochas ígneas, predominam as graníticas (64,6%). A porção centro-norte, nordeste e sudoeste é onde há maior ocorrência. A composição mineralógica das rochas graníticas tem em sua maioria a presença do quartzo, que é um mineral resistente aos processos de meteorização (CREPANI et al., 2001). Porém as baixas declividades e maiores idades assinalam para um processo de pedogêsene mais influente que a morfogênese, originando mantos de intemperismos mais espessos.

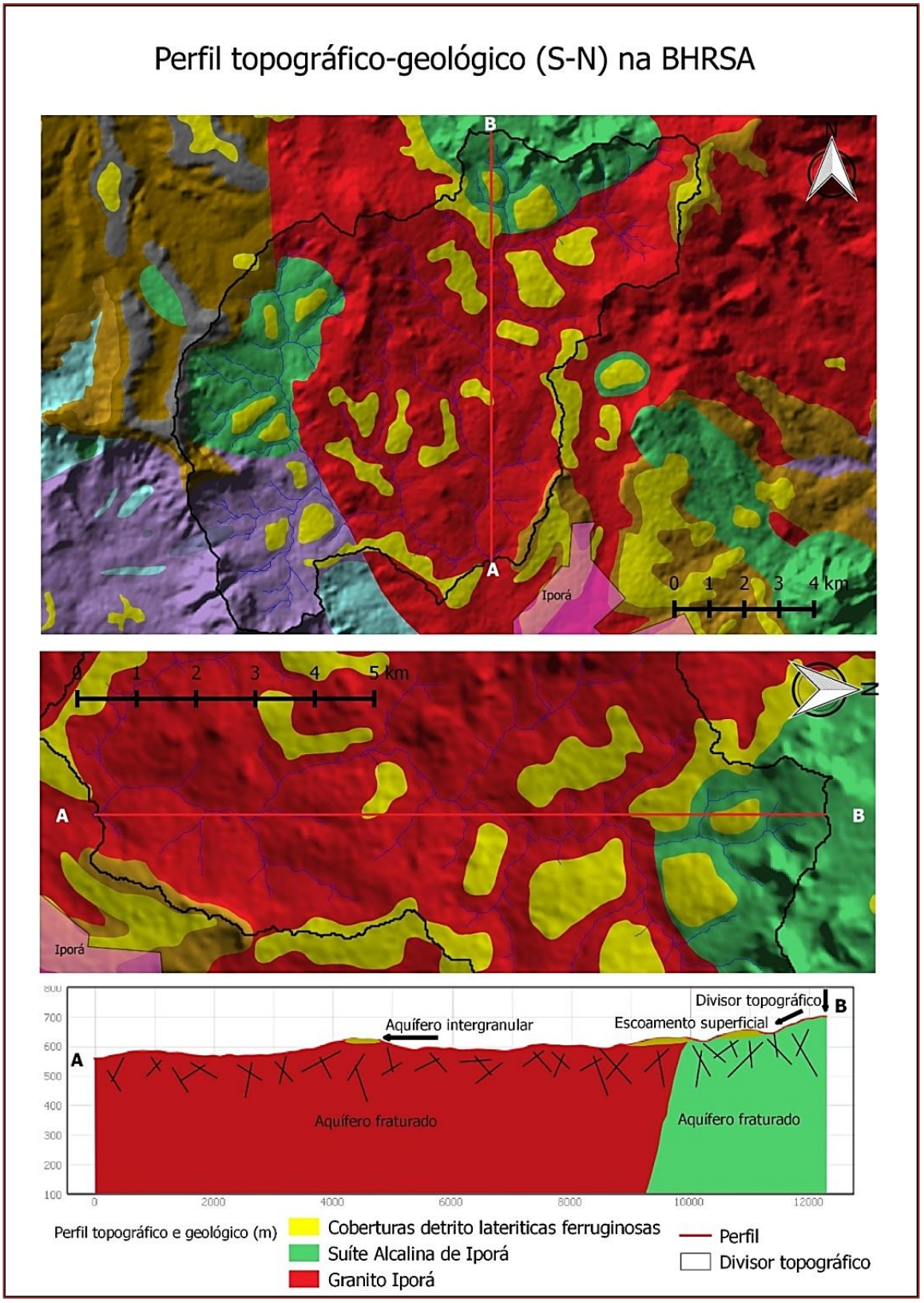
Na borda da porção norte ocorrem litologias da suíte alcalina Iporá, conhecida como maciço rio dos Bois e maciço da fazenda Buriri, formada por Dunitos. Nessa localidade o relevo possui declive mais acentuado devido a forma dômica originada pela intrusão da Suíte Alcalina Iporá, que assinala processos morfogenéticos predominantes e mantos de intemperismos menos espessos. Na porção oeste também ocorrem litologias da Suíte Alcalina Iporá, porém pelos litotipos de Sienitos e Gabros. Nessa localidade o relevo possui declividades menos acentuadas, assinalando processos de pedogênese predominantes com mantos de intemperismos mais espessos.

Na borda nordeste, sudeste e oeste concentram os relevos residuais das formações da bacia sedimentar do Paraná. Nessas localidades a morfogênese prevaleceu, devido a maior fragilidade dessas rochas, removendo quase todo o pacote das formações sedimentares que antes capeavam litologias antigas, exumando-as, conservando apenas topos residuais. Os mantos de intemperismos são pouco desenvolvidos.

O sistema aquífero fraturado é caracterizado por rochas ígneas e metamórficas, com presença ou não de manto de alteração, ocorre na maior parte da área (96%), constituindo aquíferos descontínuos associados a zonas fraturadas. Os espessos mantos de alteração, em relevos plano a suave ondulados, sobre rochas graníticas e alcalinas, ampliam o potencial do aquífero do fraturado. Os mantos de alteração, quando apresentam espessura considerável, constituem aquíferos freáticos intergranulares extensos, livres de boa potencialidade, e também possui grande importância hidrogeológica como área de recarga e circulação de água subterrânea.

Dessa forma, infere-se que a água que infiltra nos mantos de intemperismo da bacia, quando atinge a rocha sã, (predominantemente ígneas) que compõe um sistema aquífero fraturado, parte percola nas fraturas, porém com capacidade reduzida devido a função impermeável, satura o regolito, favorecendo o aumento o nível do lençol freático (aquífero freático) e aflorando nas nascentes, alimentando o escoamento de base da rede hidrográfica e contribuindo para uma maior disponibilidade hídrica superficial na bacia. Dessa forma percebe-se que os divisores hidrográficos correspondem aos divisores hidrogeológicos, que drenam água para o interior da bacia. A figura 4 ilustra o perfil topográfico-geológico da BHRSA.

Figura 19 – Perfil topográfico-geológico da BHRSA



É importante ressaltar que a interpretação do perfil topográfico-geológico e das descrições e levantamentos de campo não possibilitam a determinação precisa dos limites da bacia hidrogeológica, servindo apenas como ferramenta indicativa de possíveis casos de assimetria entre as bacias e divergência de limites (ARRAES e CAMPOS, 2007).

A BHRSM possui litologia predominantemente de formações sedimentares (65,4%). A porção sul e leste é onde predominam essas formações, devido essa parte da bacia estar inserida na borda da bacia sedimentar do Paraná. As rochas sedimentares presentes na bacia são em sua maioria de Arenitos. Os Arenitos são rochas friáveis, mais susceptíveis a denudação (CREPANI et al., 2001). Onde há predominância deles (sul e leste), a esculturação do relevo foi influenciada pela morfogêgese, gerando um *front* cuestiforme e vales entalhados com dissecação elevada.

Na parte central e norte da bacia predominam as rochas graníticas e metamórficas mais antigas, que foram exumadas por processos denudacionais nas rochas sedimentares mais friáveis que antes as cobriam. Nessas localidades há predominância de relevos menos movimentados onde a pedogênese prevaleceu.

Os corpos intrusivos da Suíte Alcalina Iporá na pequena porção oeste da bacia possuem relevo dômico, sendo que nas maiores declividades prevalece a morfogênese, em declividades médias prevalecendo a pedogênese.

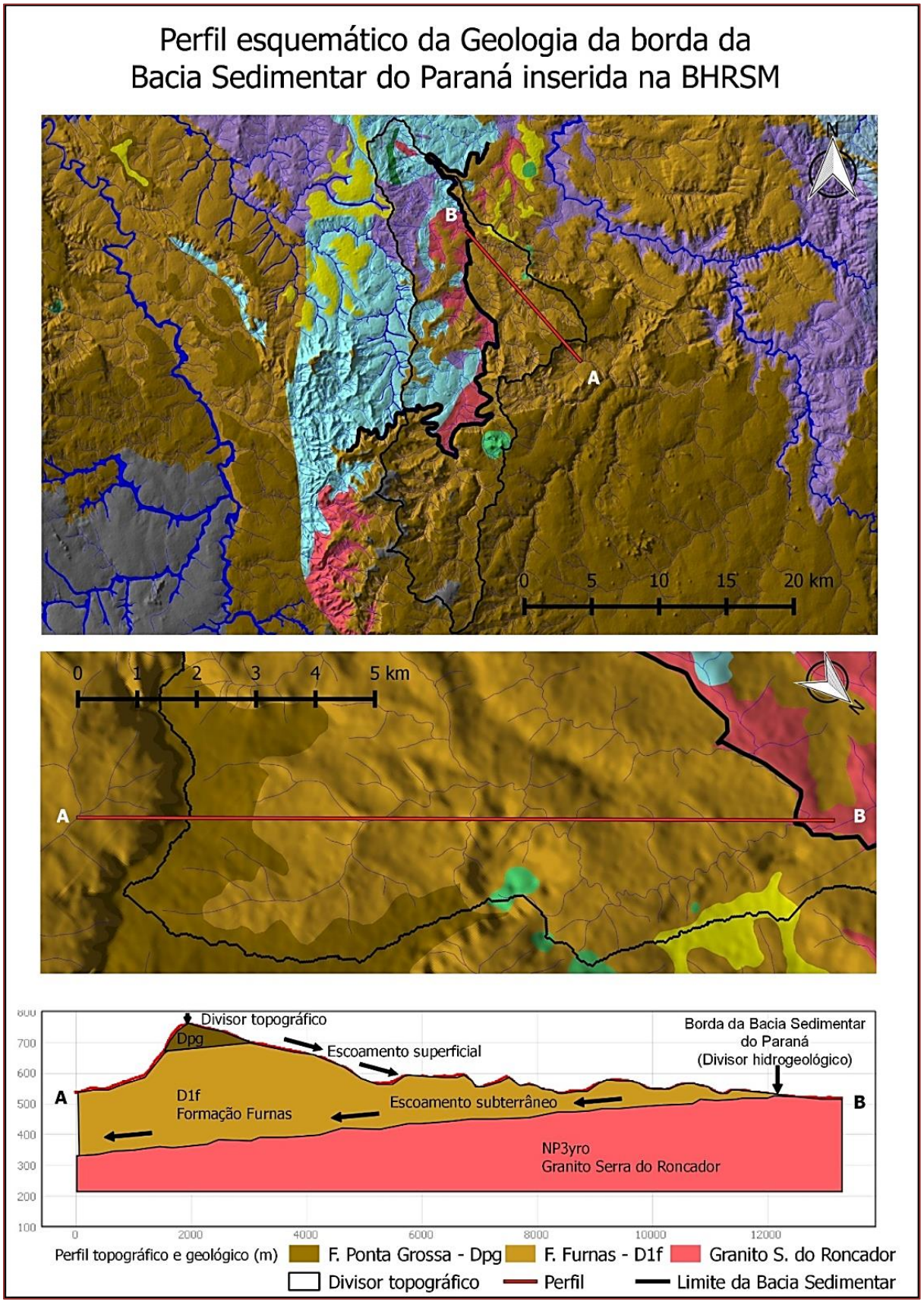
No caso de drenagens separadas por um divisor topográfico, as heterogeneidades geológicas podem provocar, pela ocorrência de camadas porosas adjacentes e isolantes subjacentes, uma drenagem que infiltra no meio poroso com fluxo de água para o lado oposto ao esperado em função do divisor hidrogeológico, configurado pela inclinação da camada rochosa. Assim, parte da água é drenada para fora da bacia hidrográfica, onde alimentará o aquífero e/ou cursos d'água da outra bacia, reduzindo ou influenciando menor regularização das vazões na bacia hidrográfica originária (ARRAES e CAMPOS, 2007; ARRAES, 2008).

Chow, (1959) apud Arraes (2008), descreve que bacias hidrográficas contendo amplas áreas de ocorrência de aquíferos regionais, também podem apresentar escoamento superficial anomalamente baixo. A causa pode estar relacionada às assimetrias existentes entre os divisores hidrográficos e hidrogeológicos. Neste caso, a água de precipitação tanto entra no aquífero diretamente, quanto infiltra através dos cursos d'água, sendo posteriormente canalizada pelo aquífero a longas distâncias pra fora da bacia na qual estava relacionada.

Na BHRSM as litologias mais antigas predominam na porção centro-norte, que correspondem ao embasamento cristalino e metamórficas. As litologias da bacia sedimentar do Paraná são mais jovens, formadas entre o período devoniano e carbonífero, há cerca de 419 milhões de anos. Como a BHRSM situa-se no limite da bacia sedimentar do Paraná, os pacotes litológicos dessa formação são poucos espessos nas bordas e mais próximos a superfície e aumentam a profundidade sentido sudeste, para o interior da bacia sedimentar.

A figura 5 ilustra o perfil esquemático do divisor topográfico da bacia hidrográfica e o divisor hidrogeológico, que corresponde a borda da bacia sedimentar do Paraná, no contato entre o Arenito da Formação Furnas (aquífero poroso) e o Granito Serra do Roncador (aquífero fraturado).

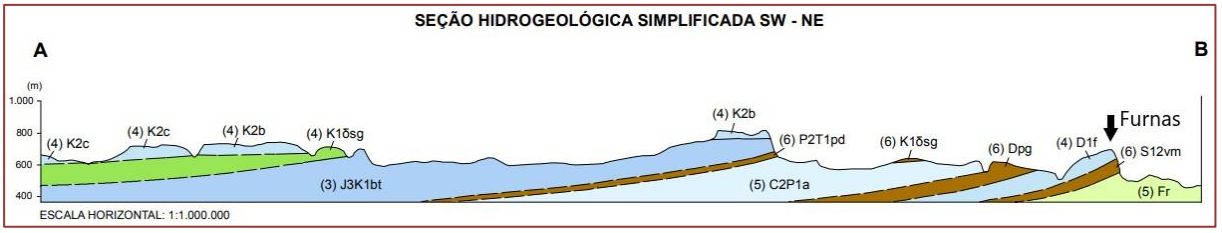
Figura 20: Perfil geológico-topográfico da borda da Bacia Sedimentar do Paraná e BHRSM



A interpretação do perfil geológico-topográfico indica que a água das chuvas que infiltram nos solos da BHRSM, parte afloram nas nascentes dentro da área da bacia, contribuindo para o fluxo de base dos canais hidrográficos, mas parte da água infiltra nas rochas de Arenito da Formação Furnas e quando atinge o Granito Serra do Roncador, que está abaixo e funciona como um divisor hidrogeológico inclinado para fora da área da bacia, faz com que o fluxo de água subterrânea, no aquífero poroso da Formação Furnas siga para fora da área da bacia hidrográfica, compondo uma zona de recarga do sistema aquífero Furnas (poroso) da bacia sedimentar do Paraná, e assim contribuindo para a diminuição da disponibilidade hídrica superficial na BHRSM.

Na carta hidrogeológica da folha SE.22 Goiânia, ilustra a seção hidrogeológica (figura 6) que demonstra o mergulho da camada litológica da Formação Furnas com inclinação semelhante ao encontrado na BHRSM.

Figura 21: Seção hidrogeológica da folha Goiânia



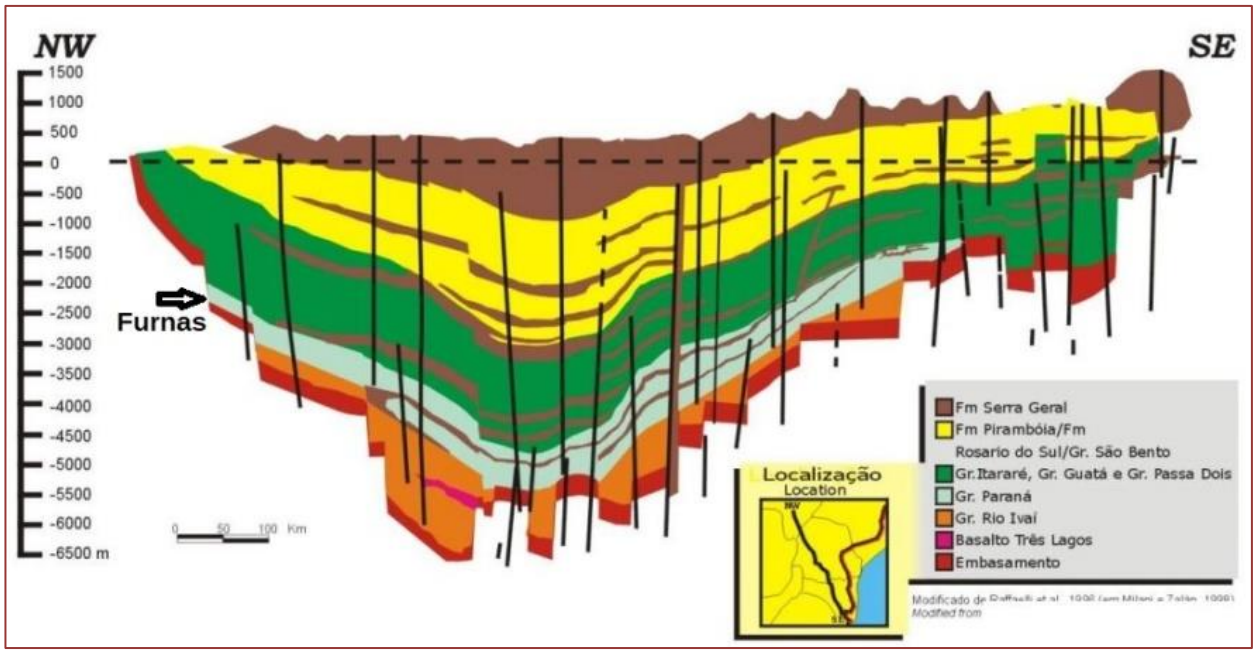
Fonte: CPRM (2016).

Os trabalhos de prospecção de petróleo feitos pela empresa Petrobrás, resultaram no mapeamento estratigráfico da bacia sedimentar do Paraná, ilustrada através da figura 7, que também demonstra a inclinação das camadas voltada para o interior da bacia sedimentar, sentido depocentro, corroborando para o entendimento que a recarga hídrica do sistema aquífero Furnas alimenta a bacia hidrogeológica fora da área da bacia hidrográfica.

Chow (1959), apud Arraes (2008), descreve que em zonas de recarga de aquíferos subterrâneos o escoamento superficial é reduzido devido as elevadas taxas de infiltração, e a descarga pode ocorrer fora da área da bacia hidrográfica onde a água infiltrou, alimentando assim uma bacia hidrográfica adjacente ou uma bacia hidrogeológica.

De acordo com Winter et al. (2003), sistemas de fluxo em meios porosos com condutividade hidráulica maior são menos favoráveis ao desenvolvimento de altos no nível freático coincidentes com altos topográficos. Reversamente, os sistemas de fluxos em meios fissurais propicia um maior acúmulo de água no manto de intemperísmo nos terrenos desenvolvidos sobre litologias do cristalino, devida baixa transferência de água para o sistema aquífero cristalino, que funciona como zona impermeável, elevando o nível freático no manto de intemperísmo, favorecendo o afloramento da água na superfície e alimentando os cursos hídricos superficiais.

Figura 22: Seção esquemática da Bacia Sedimentar do Paraná



Fonte: Milani e Zalán (1998).

A BHRSA possui divisores topográficos mais condizentes com os divisores hidrogeológicos, ou seja, a bacia hidrográfica condiz com a hidrogeológica. Isso, somado com predominância de rochas ígneas, faz com que a água subterrânea aflore dentro da área da bacia, alimentando os cursos hídricos. Já a BHRSM possui divisores topográficos divergentes com os divisores hidrogeológicos. Isso faz com que haja duas bacias hidrogeológicas. Uma do sistema cristalino que flui para dentro da área da bacia hidrográfica e outra do sistema poroso, correspondente a Formação Furnas da bacia sedimentar do Paraná, que, devido a litologia impermeável subjacente (Granito Serra do Roncador) e sua inclinação, faz a água subterrânea fluir para fora da área da bacia hidrográfica, diminuindo a disponibilidade hídrica superficial em períodos de estiagem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho constatou que a BHRSA está inserida no arco magmático de Goiás, contendo unidades litológicas predominantes do embasamento cristalino (81,8%), seguido de coberturas detrito lateríticas ferruginosas (14,2%), que capeiam as formações do embasamento, podendo-se dizer que 96% da bacia é do domínio hidrogeológico cristalino (fraturado) e uma pequena quantidade de formações sedimentares residuais (4%) que fazem parte do domínio hidrogeológico poroso/fissural. A BHRSM está inserida predominantemente na unidade geotectônica da bacia sedimentar do Paraná, contendo rochas dessa formação em maioria (65,4%), e o restante (34,6%) do compartimento geotectônico do arco magmático de Goiás que correspondem ao domínio hidrogeológico fissural (aquífero fraturado).

As bacias estão inseridas em compartimentos geotectônicos distintos. Isso configura que as bacias possuem características geológicas e hidrogeológicas heterogêneas e não fazem parte de um mesmo domínio hidrogeológico. A BHRSA está inserida predominantemente no domínio hidrogeológico cristalino (fraturado), representado pelas litologias do arco

magmático de Goiás e a BHRSM está inserida predominantemente no domínio hidrogeológico sedimentar (poroso/fraturado), representado pelas litologias da bacia sedimentar do Paraná. As diferenças litológicas fazem com que o comportamento hidrogeológico seja diferente entre as bacias.

A BHRSM possui a maior parcela (38,6%) de litologias do sistema aquífero Furnas, favoráveis a infiltração, sendo assim, através da interpretação do perfil topográfico-geológico das bacias hidrográficas e seção estratigráfica da bacia sedimentar do Paraná, foi inferido que os Arenitos da Formação Furnas comportam como zona de recarga do aquífero profundo, e devido sua inclinação sentido depocentro (sul), transmite a água para fora da área da bacia hidrográfica e alimenta a bacia hidrogeológica ou aflora em terreno adjacente. Já na BHRSA as litologias são pouco favoráveis a percolação da água, por serem formadas em sua maioria por rochas do embasamento cristalino. Dessa forma elas se comportam como zona impermeável, que contribui para a saturação de água no manto de intemperismo, elevando o nível do lençol freático e favorecendo o afloramento de água no interior da bacia hidrográfica, alimentando o fluxo de base dos canais fluviais. Isso contribui para uma maior disponibilidade hídrica no exutório da BHRSA em períodos de estiagem, assim como verificado no trabalho de monitoramento das vazões feito por Moura et. al (2018).

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO, N. B. D.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. **Simpósio de Geologia do Nordeste**, p. 363-391, 1977.

[2] ALMEIDA, L. D.; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiás, Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração. Série Geologia e Mineração, n. 1, p. 132, 2006.

[3] ALVARENGA, C. J. S.; GUIMARÃES, E. M. Siluro-Devoniano na Margem Noroeste da Bacia do Paraná, Região entre Diorama e Amorinópolis, GO. In: **Simpósio de Geologia do Centro-Oeste**, 4, Brasília, SBG, p. 53-54. 1994.

[4] ARRAES, T. M. Proposição de Critérios e Métodos para Delimitação de Bacias Hidrogeológicas. **Dissertação de Mestrado**. 2008. 125f. Instituto de Geociências – UNB. Brasília, DF. 2008.

[5] ARRAES, T. M.; CAMPOS, J.E.G. Proposição de critérios para avaliação e delimitação de bacias hidrogeológicas. **Revista Brasileira de Geociências**, 37: 81-89. 2007.

[6] BOMFIM, L. F. C. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em ambiente SIG: concepção e metodologia. In: **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**. São Luiz - MA, 2010.

[7] CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, 34:41-48. 2004.

[8] CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. 2006. Disponível em: < http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/ downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf >. Acesso em: 10 set. 2019.

[9] COELHO NETTO. A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In GUERRA, A. J.T. e CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Ed. Bertrand Brasil, 1995. p 93- 48.

[10] CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: Inpe, 2001.

[11] DANNI, J. C. M.; GASPAR, J. C. Química do katungito de Amorinópolis-Goiás: Contribuição ao estudo do magmatismo kamafugítico. **Geochimica Brasiliensis**, v. 8, p. 119-134, 1994.

[12] FEITOSA, F. A. C., MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

[13] FETTER, C. W. Applied Hydrogeology: Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 598 p. 2001.

[14] FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB 1998. **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Vol. 1, Parte I. 86p. 1998

[15] FREITAS, M. A. **Avaliação do potencial hidrogeológico de terrenos cristalinos através de técnicas de geoprocessamento**. Porto Alegre: CEPSRM-UFRGS-Curso de Pós graduação em Sensoriamento Remoto. 1998. Diss. Mestrado 130 p.

[16] GABAGLIA, R. G.P.; MILANI, E.J. **Origem e evolução de Bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990, 415p.

[17] GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico. 9ª edição**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

[18] LACERDA FILHO, J. V. D., SANTOS, D. R. V. D., MENEGHINI, P. F. V. B., MARTINS, F. R., SOUZA, J. O., CARNEIRO, J. D. S. M., GOLLMANN, K. **Mapa geológico-geofísico integrado do projeto Oeste de Goiás**. 2020. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20469. Acesso em 20 abr. 2020.

[19] MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Coord). **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

[20] MILANI, E. J.; ZALAN, P. V. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. **Episodes-Newsmagazine of the International Union of Geological Sciences**, v. 22, n. 3, p. 199-205, 1998.

[21] MOURA, D. M. B.; SOUSA, F. A. Descrição geológica da bacia hidrográfica do córrego das vacas em Diorama – GO. **Geoambiente On-line,** n. 23, 31 dez. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i23.32591. Acesso em 25 fev. de 2019.

[22] MOURA, D. M. B. **Avaliação ambiental e fisiográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, com vistas ao abastecimento hídrico da cidade de Iporá** (GO). 2017. 107p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.

[23] MOURA, D. M. B.; CABRAL J. B. P.; GENTIL, W. B.; BARCELOS, A. A.; ALVES, W. S. **Análise comparativa da vazão do Ribeirão Santo Antônio e do Ribeirão Santa Marta, visando a segurança hídrica da cidade de Iporá (GO)**. In: Águas do cerrado: gestão, usos e conflitos. Nascimento D. T. F.; Gonçalves R. J. A. F. (org.). Goiânia. Kelps, 2018.

[24] MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, R. M., OLIVEIRA, I. J., NASCIMENTO, D. T. F., ALVES, W. S. **O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goiás, Brasil.** GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, n. 21, p. 19-37, 2018.

[25] MOREIRA, M. L. O., MORETON, L. C., ARAÚJO, V. A. D., LACERDA FILHO, J. V. D., COSTA, H. F. D. **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal.** Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.

[26] MORETON, L. C. Programa Levantamentos geológicos Básicos do Brasil. **Iporá** (Folha SE. 22-VB). Escala 1:250.000, 2001.

[27] NETTO, A. L. C. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro, p 93-148, 2003.

[28] PENA, G. S. et al. Projeto Goiânia II, DNPM/CPRM, Goiânia. il., mapas e fotos, 236p. 1975.

[29] PENA, G. S.; FIGUEIREDO, A. J. **Projeto Alcalinas – Relatório Final**. Goiânia: DNPM/CPRM, 143 p. 1972.

[30] PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Características geoquímicas e isotópicas de unidades metavulcânicas e ortognáissicas neoproterozóicas do oeste de Goiás. **Boletim da Sociedade. Brasileira de Geologia**. – Núcleo Centro-Oeste, n.15, p.1-22, 1992.

[31] PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Origem e evolução das Rochas Metavulcânicas e Metaplutônicas da Região de Arenópolis-GO. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.17, n.1, p.2-14, 1987.

[32] SÁ, A. M.; MARQUES, V. J. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. **Folha SE. 22. VB-Iporá**, 1986.

[33] TIEDEMANN, C. R.; GOODE, D. J.; HSIEH, P. A. Characterizing a ground water basin in a New England mountain and valley terrain. **Ground Water**, v. 36, n. 4, p. 611, 1998.

[34] TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

[35] TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas**. Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006. Disponível em:https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf. Acesso em 18 jan. 2018.

[36] TWEED, S. O.; LEBLANC, M.; WEBB, J. A.; LUBCZYNSKI, M. W. Remote sensing and GIS for mapping groundwater recharge and discharge areas in salinity prone catchments, southeastern Australia. **Hydrogeology Journal**, v. 15, n. 1, p. 75-96, 2007.

[37] WINGE, M. **Instrumentação Geológica Básica - Notas de aula**. Universidade de Brasília, Instituto de Geociências Departamento de Geologia Geral e Aplicada. 1995. Disponível em: http://mw.eco.br/ig/cursos/igb/igb.htm#perfis. Acesso em: 15 mai 2019.

[38] WINTER, T. C.; ROSENBERRY, D. O.; LABAUGH, J. W. Where does the ground water in small watersheds come from? **Groundwater,** v. 41, n. 7, p. 989-1000, 2003.

[39] WHITEHEAD, P. G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies—an international and historical perspective of forest impacts. **Journal of hydrology**, v. 145, n. 3-4, p. 217-230, 1993.

Capítulo 10

Elaboração de bioadsorvente a partir de resíduo agroindustrial de café e sua aplicação no processo de remoção do corante reativo amarelo

Nydia Nayra Rocha do Nascimento
Anna Laura Mendonça da Trindade Silva
Tatiane Maria do Nascimento
Meiry Gláucia Freire Rodrigues

Resumo: O presente estudo tem como objetivo explorar a possível utilização da borra de café (BC) como um agente adsorvente para o corante amarelo reativo (AR). A pesquisa envolve a modificação térmica da borra de café (400 (BC4) e 500 ºC (BC5)) e a avaliação da sua eficácia como bioadsorvente na adsorção do corante amarelo reativo. A borra de café foi caracterizada por meio de difração de raios X e espectroscopia na região do infravermelho. A influência do pH na capacidade de adsorção foi investigada, e os estudos cinéticos foram analisados usando modelos não lineares de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem. Experiências em batelada foram conduzidas para gerar isotermas de adsorção, e os modelos de Redlich-Peterson, Temkin e Sips foram aplicados para ajuste. A ativação térmica resultou em modificações, incluindo alterações estruturais evidenciadas pela difração de raios X. Testes de adsorção do corante amarelo reativo foram realizados com ajuste de pH, revelando que os valores de remoção e capacidade de remoção são semelhantes para borra de café tratada termicamente a 400 ºC, enquanto para a borra de café tratada termicamente a 500 ºC o pH 2 foi mais eficaz na remoção. Os resultados dos testes cinéticos indicaram que o processo de remoção do corante amarelo reativo pelas amostras (borra de café ativada a temperaturas de 400 e 500 ºC) segue o mecanismo do modelo de velocidade de pseudo-segunda ordem para BC4, enquanto para BC5, o modelo de pseudo-primeira ordem proporcionou os melhores ajustes. Os modelos matemáticos adotados para a modelagem dos dados experimentais descreveram adequadamente a dinâmica da adsorção, gerando isotermas teóricas que se aproximam significativamente das isotermas experimentais. Dentre os modelos utilizados, observa-se que o modelo Sips apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais, borra de café, adsorção de corante.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos industriais e agrícolas tem sido alvo de muitos estudos relacionados ao reaproveitamento e uso para a geração de novos produtos de alto valor agregado. Esses resíduos, que são gerados diariamente em volume expressivo, caso não descartados de maneira adequada, ocasionam distintos problemas de caráter social e ambiental [1].

Entre os resíduos orgânicos descartados diariamente, seja pelo uso doméstico, comercial ou industrial, a borra de café residual é um exemplo. Sendo o Brasil um grande produtor e um dos maiores consumidores de café no mundo, a geração desse resíduo é elevada [2].

Um dos grandes problemas que também afetam o meio ambiente hoje em dia é a contaminação dos recursos hídricos, sendo que grande parcela é decorrente de despejos residenciais e industriais, como os corantes artificias, metais pesados e compostos orgânicos que no geral são considerados substâncias nocivas a natureza e ao homem [3].

O despejo de corantes, em especial, compostos amplamente utilizados nas indústrias alimentícias, têxteis e papeleira, tem sido um problema em estudo, pois esses materiais apresentam resistência ao tratamento químico e biológico, podendo, na sua decomposição química, produzir substâncias mais tóxicas que o corante em si [4].

Os corantes podem ser classificados de acordo com a estrutura química, cor, aplicação e carga de partículas em solução. Normalmente, podemos dividir corantes em corantes naturais e corantes sintéticos. Corantes naturais geralmente extraídos de animais e minerais. No entanto, com a melhoria das atividades industriais, corantes naturais não conseguiam atender às necessidades da demanda das pessoas. Por conseguinte, os corantes sintéticos são desenvolvidos e substituíram os corantes naturais gradualmente, particularmente nos tecidos e nas indústrias têxteis [5].

Dentre os corantes sintéticos estão os classificados como corantes iônicos e corantes não-iônicos. Os corantes iônicos são ainda classificados em corantes catiônicos e corantes aniônicos (corantes ácidos, reativos e diretos) e corantes não iônicos em tintas e corantes dispersos. Além dessas classificações, também são muito comuns os corantes classificados por estrutura química, incluindo os corantes azo, antraquinona, indigóide, nitroso, nitro e triacrimetano [5].

O resíduo da borra do café possui grande poder adsorvente de poluentes químicos, sendo, por isso, sua ação assimilada ao carvão ativado. Tal característica tem estimulado estudos sobre sua utilização como substrato na produção de carvão ativado como uma alternativa na produção de adsorventes de baixo custo, visto que os carvões ativados apresentam custo elevado e necessidade de regeneração [6].

A aplicação da borra de café como um agente de adsorção não apenas permite diminuir os gastos associados à obtenção de carvão ativado, mas também converte um resíduo que pode ser empregado na eliminação de corantes de efluentes industriais da indústria têxtil. Isso resulta na redução não só da quantidade de corantes, mas também na diminuição do uso de produtos químicos nos procedimentos durante o tratamento. Diante desse cenário, o propósito deste estudo foi utilizar como agente adsorvente a borra de café e avaliar sua eficiência na remoção do corante reativo amarelo BF-3R em solução aquosa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), da Unidade Acadêmica de Engenharia Química, localizado no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG).

2.1. MATERIAIS

2.1.1. PREPARAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ

A matéria-prima utilizada foi café da marca comercial Nordestina. Este material foi o resíduo resultante da preparação da bebida de café através da filtração do pó de café com água (100 °C). A borra residual do café foi previamente seca à temperatura ambiente (25 °C) e após a retirada do excesso de umidade, foi seca em estufa a 100 °C por 24 h. Após, esse período a borra seca foi armazenada em pote de plástico hermeticamente fechado.

A borra de café obtida conforme descrito no parágrafo anterior foi tratada termicamente em forno mufla com duas diferentes temperaturas 400 e 500 °C com uma rampa de aquecimento de 5 $°C/min$.

As amostras foram codificadas como: borra de café tratada termicamente a 400 ºC – BC4 e borra de café tratada termicamente a 500 ºC.

2.1.2. CORANTE

Como adsorbato foi utilizado o corante amarelo BF-3R, da linha de Corantes Reativos Bifuncionais, fornecido pela Texpal, São Paulo.

2.2. CARACTERIZAÇÃO

2.2.1. DIFRATÔMETRO DE RAIOS X

Analisaram-se as amostras através do método do pó a temperatura ambiente 25 ºC empregando-se um difratômetro de raios X com radiação CuKα, tensão de 40 KV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 (2θ) e tempo por passo de 1 s com velocidade de varredura de 2 º (2θ) $/min$, com ângulo 2θ percorrido de 3º a 50º.

2.2.2. ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO (IV)

Analisaram-se as amostras na faixa de varredura de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} em espectrômetro de infravermelho VERTEX 70 (Bruker), pelo método de Reflexão Interna ou Refletância Total Atenuada (ATR), sob temperatura ambiente.

2.3. INFLUÊNCIA DO pH

Os estudos foram iniciados com a influência do pH. Para avaliar a porcentagem de remoção obtida para diferentes valores de pH (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12). Em cada *Erlenmeyer* foram adicionados: 50 *ml* de solução do corante reativo amarelo BF-3R a 50 mg/L com pH corrigido, com uso de soluções de 3 Mol de ácido clorídrico e 1 Mol de hidróxido de sódio; e 0,5 g de bioadsorvente (Borra de café e *Biochar*). Após 2 horas de

agitação a 200 rpm com uso de uma mesa agitadora, o material foi filtrado e conduzido para um espectrofotômetro UV-Visível.

2.4. ESTUDO CINÉTICO

Com a mesma proporção de solução mãe e bioadsorvente do estudo anterior, foram conduzidos os testes cinéticos em mesa agitadora com os tempos de 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 e 120 minutos.

2.5. ESTUDO DE ISOTERMAS

A partir da solução mãe (1000 mg/L) foi diluído a fim de se obter concentrações de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 e 250 mg/L em seguida os *Erlenmeyer* contendo (soluções diluídas + bioadsorvente) foram conduzidos a mesa agitadora (Certomat® MO-B. Broun Biotech International) por 1 hora.

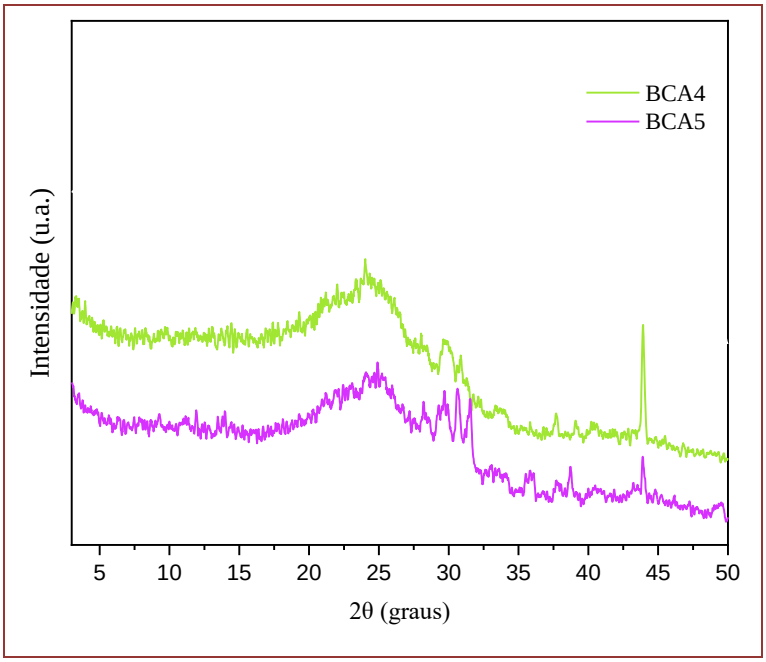
Ao final dos estudos (Influência do pH, cinéticos e isotermas), as amostras foram filtradas e os filtrados foram analisados por espectrofotometria UV-Vis (UV-1600 Pró-Análise-Shimadzu) para verificar a remoção do corante amarelo reativo BF-3R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DIFRAÇÃO DE RAIO-X

Os resultados dos espectros de raios X das borras de café ativadas térmicamente, podem ser vistas na Figura 1.

Figura 1: Difratogramas das amostras BC4 e BC5



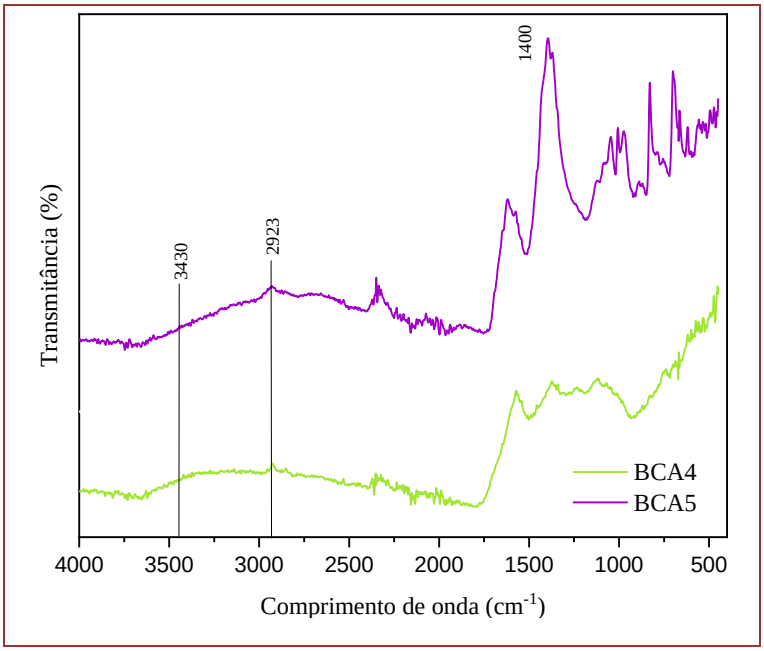
Conforme observado, nas amostras BC4 e BC5, que foram submetidas a tratamento térmico, é possível identificar estruturas cristalinas associadas a minerais inorgânicos ou

mesmo a compostos aromáticos [7]. Próximo a 20°, é evidente a existência de um halo amorfo mais amplo e intenso correspondente ao plano (002), que é distintivo de estruturas grafíticas e materiais carbonáceos. Com o aumento da temperatura, a intensidade desse halo diminui, o que sugere um possível acúmulo de carbono aromático, resultando em uma estrutura mais organizada [7]. Além disso, na proximidade dos 43°, verifica-se a presença de um halo menos acentuado ligado ao plano (100), também característico de estruturas grafíticas e materiais de carbono [8].

3.2. ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO (IV)

Na Figura 2 estão apresentados os espectros para as amostras BC4 e BC5.

Figura 2: Espectros das amostras BC4 e BC5

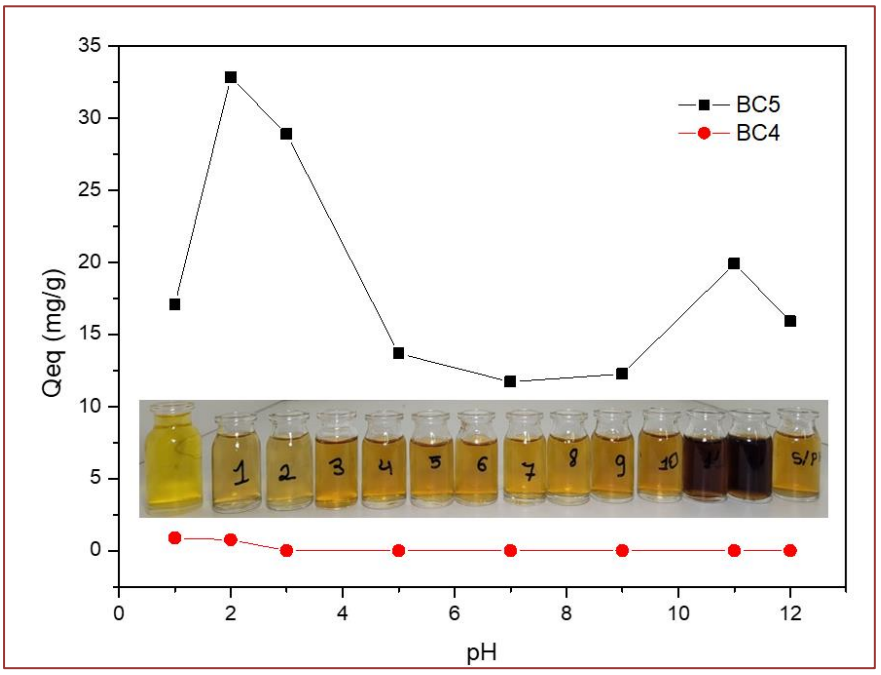


Nos espectros para os biochar a 400 e 500 °C, Figura 2, a banda em torno de 3430 cm^{-1} corresponde ao estiramento da ligação $O-H$ e $N-H$. Na região em torno de 2930 e 2840 cm^{-1} tem-se o alongamento das ligações $C-H$ alifáticas que são degradadas ao aumentar a temperatura de pirolise. Em torno de da região de 1400 cm^{-1} tem o alongamento da ligação $C=O$ de ácidos carboxílicos e cetonas [9].

3.3. ESTUDO DO pH

Os resultados obtidos para a capacidade de remoção do corante amarelo reativo BF-3R durante o estudo do pH para a borra de café ativada a 400 °C e 500 °C são apresentados na Figura 3.

Figura 3: Estudo do pH



Foi avaliada a influência do pH para as amostras BC4 e BC5 na faixa de 1 a 12. A partir do gráfico apresentado na Figura 3 pode ressaltar:

Amostra BC4**:** A adsorção do corante amarelo reativo se mantém praticamente constante em todas as faixas de pH.

Amostra BC5**:** Foram obtidos os maiores valores de capacidade de adsorção do corante amarelo reativo, tendo o pH 2 o melhor resultado na remoção.

3.4. ESTUDO CINÉTICO

Nas Figuras 4 e 5 estão apresentadas as cinéticas de adsorção do corante amarelo reativo para as amostras BC4 e BC5, respectivamente, e os ajustes lineares de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem.

Figura 4: Cinética de adsorção do corante amarelo reativo em BC4 e ajustes não lineares: pseudo-primeira ordem; e pseudo-segunda ordem

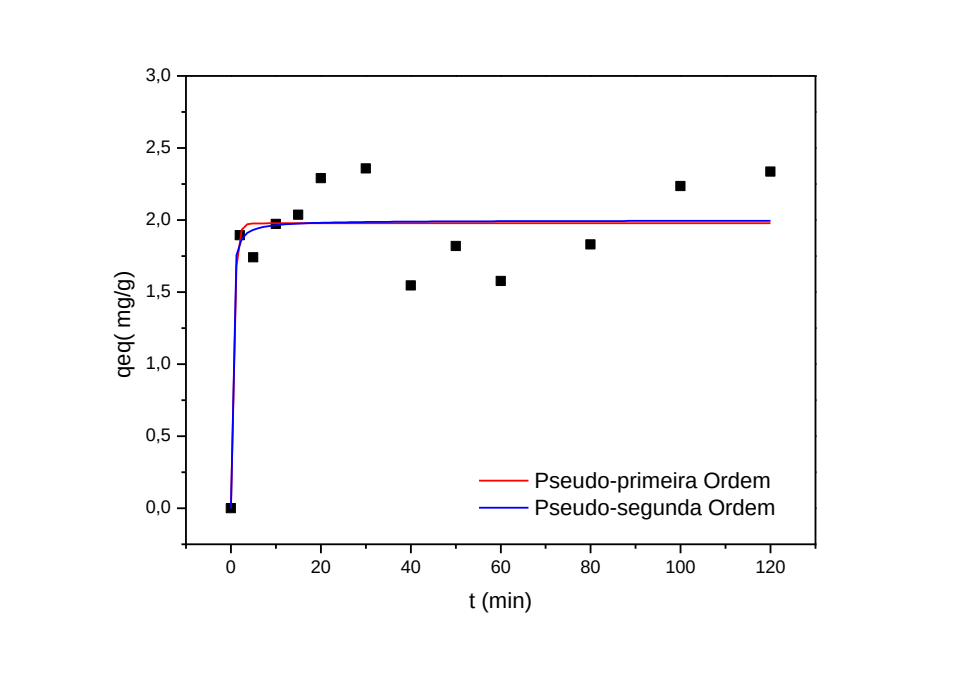
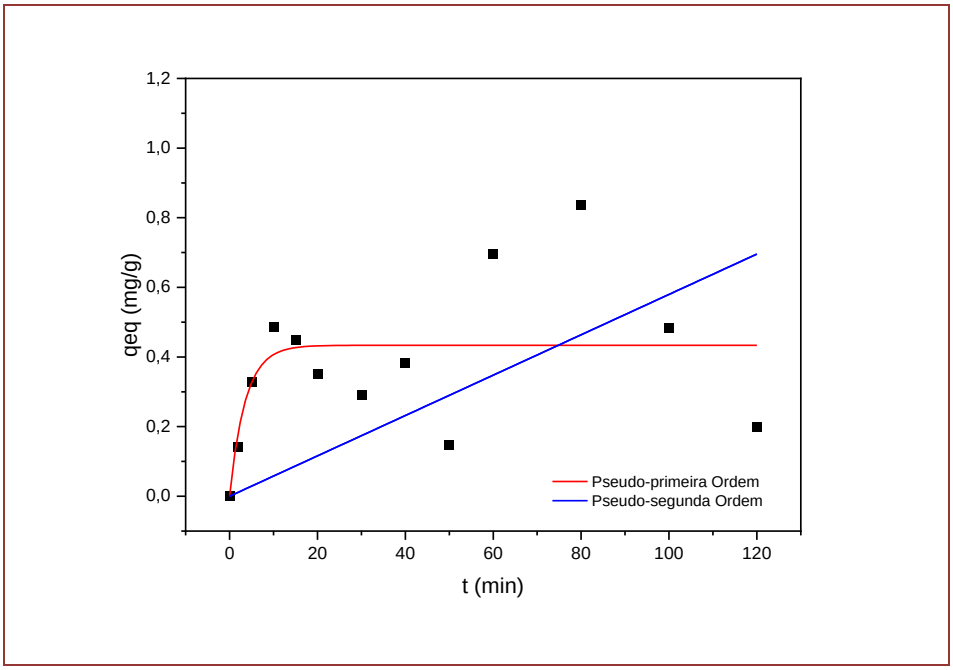


Figura 5: Cinética de adsorção do corante amarelo reativo em BC5 e ajuste não linear: pseudo-primeira ordem; e pseudo-segunda ordem



Observa-se a partir da Figura 4 que para a amostra BC4 existe uma dispersão nos pontos. E na amostra BC5 a dispersão foi ainda maior. Portanto, as curvas não foram favoráveis para as duas amostras.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores dos coeficientes de determinação R^2, bem como os diversos parâmetros calculados através da aplicação de regressão sobre os dados experimentais e os respectivos modelos cinéticos.

Tabela 1 Parâmetros obtidos para os modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem

Modelo	Constante	BC4	BC5
Pseudo-primeira ordem	$q_e(mg/g)$	1,9771	0,4335
	$k_1(min^{-1})$	1,5580	0,2788
	R^2	0,7832	0,2952
Pseudo-segunda ordem	$q_e(mg/g)$	1,9973	0,0796
	$k_1(min^{-1})$	3,0054	9,069E-1
	R^2	0,7865	0,0811

Tendo em vista os valores da Tabela 1, verifica-se que os modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo segunda ordem forneceram os melhores ajustes aos dados cinéticos obtidos experimentalmente para as amostras BC4.

Enquanto para a amostra BC5 nenhum dos dois modelos cinéticos (pseudo-primeira ordem e pseudo segunda ordem) se ajustaram.

3.5. ISOTERMAS

O conhecimento do equilíbrio de adsorção através do estudo das isotermas é uma etapa importante na investigação do uso de um adsorvente em determinado processo de separação para descrever os dados experimentais de sorção e os parâmetros obtidos a partir dos diferentes modelos [10].

Quando o adsorvato é colocado em contato com o adsorvente, as moléculas ou íons tendem a fluir do meio aquoso para a superfície do adsorvente até que a concentração de soluto na fase líquida (C_{eq}) permaneça constante. Nesse estágio é dito que o sistema atingiu o estado de equilíbrio e a capacidade de adsorção do adsorvente (q_{eq}) é determinada [11].

As isotermas de adsorção para os bioadsorventes obtidas estão apresentadas nas Figuras 6 e 7, para as amostras BC4 e BC5 respectivamente. Os modelos não lineares de Redlich-Peterson, Temkin e Sips. foram ajustados aos dados experimentais e os parâmetros obtidos estão apresentados na Tabela 2.

Figura 6: Isotermas de adsorção do corante amarelo reativo em BC4 e ajustes: Modelos de Redlich-Peterson, Temkin e Sips

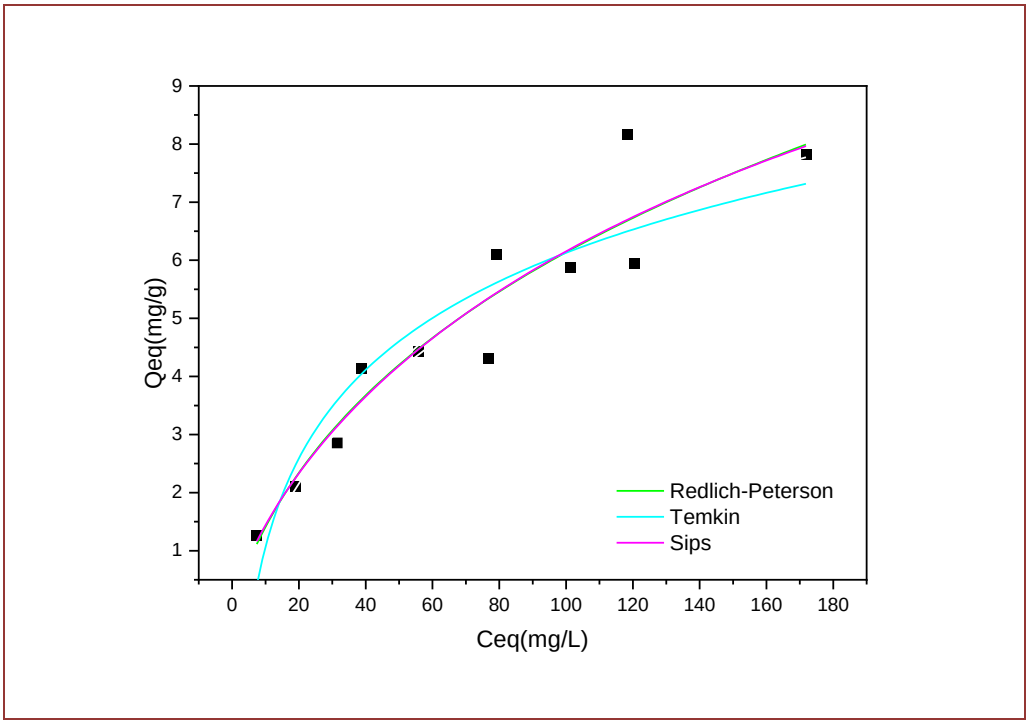
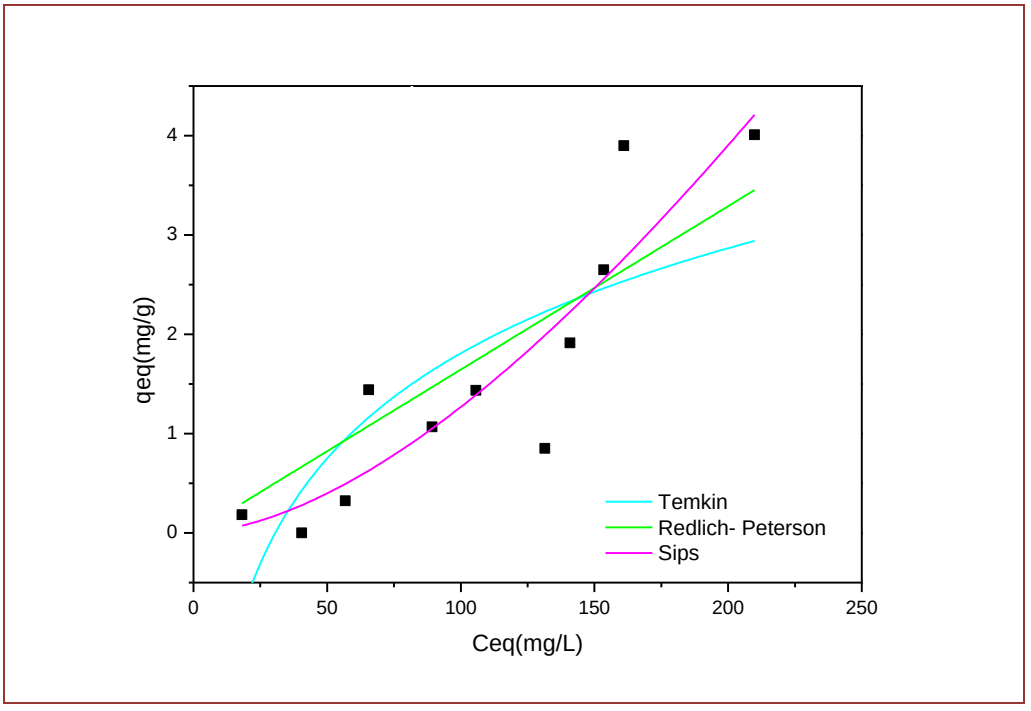


Figura 7: Isotermas de adsorção do corante amarelo reativo em BC5 e ajustes: Redlich-Peterson, Temkin e Sips



Na Figura 6, as isotermas de adsorção do corante amarelo reativo em BC4 foram analisadas, e foram realizados ajustes utilizando os modelos de Redlich-Peterson, Temkin e Sips. Observa-se a presença de curvas favoráveis para os três modelos mencionados.

Na Figura 7, são apresentadas as isotermas de adsorção do corante amarelo reativo em BC5, juntamente com os ajustes utilizando os modelos de Redlich-Peterson, Temkin e Sips. Observa-se a presença de curvas favoráveis para os modelos de Redlich-Peterson e Temkin, enquanto para o modelo de Sips, a curva é identificada como desfavorável.

A isoterma favorável nos informa que a massa do adsorvato retida por unidade de massa do adsorvente é alta para uma baixa concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida e a isoterma linear informa que a massa de adsorvato retida por unidade de massa do adsorvente é proporcional à concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida [12].

Tabela 2 Coeficientes obtidos para os modelos de Redlich-Peterson, Temkin e Sips

Modelo	Parâmetro	BC4	BC5
Sips	$q_{sat}(mg/g)$	18,4772	56,4845
	K_S	0,0143	9,46321E-6
	n	0,7703	1,6925
	R^2	0,8742	0,7730
	SQR	0,6156	0,4401
Temkin	$a_T(L/mg)$	0,162	0,032
	B	2,196	1,526
	R^2	0,8447	0,5850
	SQR	0,7598	0,8045
Redlich-Peterson	$K_{RB}(L/g)$	0,2139	0,0986
	$a_{RB}(mg/L)$	0,1064	4,9946
	B	0,6840	1,01486E-17
	R^2	0,8736	0,6780
	SQR	0,618	0,6243

A avaliação dos resultados ocorreu pela comparação entre os valores dos coeficientes de correlação R^2, que indica a adequação dos dados obtidos experimentalmente ao modelo proposto.

Portanto, o modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais obtidos foi o modelo Sips para as amostras BC4 e BC5. A isoterma de Sips, incorpora um coeficiente de homogeneidade (com valores variando entre 0 e 1) para a superfície do adsorvente. Aproximar esse coeficiente de 1 resulta na transformação da equação em uma forma geral de Langmuir, enquanto movê-lo na direção oposta fazia com que a equação se reduzisse à forma geral de Freundlich [13].

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, investigou-se a modificação térmica da borra de café a temperaturas de 400 e 500 °C para a adsorção do corante amarelo reativo. Com base nos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser destacadas:

- Detectou-se uma modificação na estrutura da amostra BCN em decorrência das duas temperaturas de tratamento térmico (400 °C e 500 °C), evidenciando que a

carbonização dessa matéria-prima exerceu um impacto significativo e resultou em alterações nas propriedades estruturais.

- Entre os modelos cinéticos propostos (pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem) para analisar a cinética do corante amarelo reativo, o modelo de pseudo-segunda ordem demonstrou descrever de maneira apropriada o processo de adsorção para a amostra BC4. Entretanto, nenhum dos dois modelos se mostrou adequado aos dados experimentais para a amostra BC5.
- Ao examinar os modelos ajustados (Redlich-Peterson, Temkin e Sips) às isotermas, constatou-se que o modelo Sips ofereceu o ajuste mais eficaz aos dados experimentais do bioadsorvente empregado.
- A pesquisa evidenciou que o material empregado, a saber, a borra de café ativada termicamente, revela eficácia como adsorvente na remoção do corante amarelo reativo. Além disso, a utilização de matérias-primas simples e econômicas proporciona vantagens adicionais a esse processo.

REFERÊNCIAS

[1] COSTA, Tania Maria et al.. **Avaliação da remoção do corante rodamina FRBT por adsorção utilizando borra de café como material adsorvente**. Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial, 2022.

[2] FIGUEIREDO, A. C. F.; BOTARI, A. **Remoção de cloridrato de metiltiamina por adsorção utilizando carvão ativado produzido a partir da borra de café.** In: Safety, Health and Environment World Congress, 7., 2017, Vila Real, Portugal. Anais... Vila Real: SHEWC, 2017. DOI: 10.14684/SHEWC.17.2017.109-114

[3] SOUZA, N. K. **Adsorção de corantes catiônicos e aniônicos em solução aquosa usando novos materiais bi-funcionalizados a partir do bagaço de cana-de-açúcar**. 2013.

[4] ALMEIDA, Carolina Vidal et al.. **Estudo da Adsorção de Corante Ácido Sobre a Borra de Café Tratada com Hidróxido de Sódio.** Universidade Estadual de Feira de Santana,2018.

[5] SILVA, Leonardo Romero Brito et al.. **Síntese da zéolita zsm-5 para ser utilizada como adsorvente na remoção do corante reativo bf-3r: influência do ph**. Anais IV CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2019.

[6] SANTOS, I. C.; PONTES, P. P. **Utilização da borra de café como bioadsorventes para remoção de corantes de efluentes.** In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 14., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABES, 2018.

[7] KALINKE, C. **Avaliação da potencialidade eletroanalítica de biochar, obtido em diferentes temperaturas, em eletrodos modificados para determinação de espécies de interesse.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Química. 2015. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

[8] DOMINGUES, S.H. **Filmes finos, transparentes e condutores baseados em grafeno**. 2013. Tese (Doutorado) – Curso de Química. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

[9] ANASTOPOULOS, I.; KARAMESOUTI, M. A review for coffee adsorbents. **Journal of Molecular Liquids,** v. 229, p. 555–565, 2017.

[10] AHMAD, M. A; RAHMAN, N. K. **Equilibrium, kinetics and thermodynamic of Remazol Brilliant Orange 3R dye adsorption on coffee husk-based activated carbon**. Chemical Engineering Journal, v. 170, p. 154-161, 2011.

[11] NASCIMENTO, R. F. et al. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária - UFC, 2014.

[12] MOREIRA, J. F.; CAMPELLO, E. F. C.; AZEVEDO B.; CAMPEBELL; CORREIA, M. E. F.; BIANCHI, M. de O.; RESENDE, A. S.; JANTALIA, C. P.**Uso do rejeito da produção de alumina como condicionador de solos**. Embrapa Agrobiologia, 2012. ISSN: 1517-8498

[13] MILHOMEN, M.P.S. **Estudo de isostermas no processo de adsorção: Revisão**. Monografia (2018).Universidade Federal de Tocantins- Gurupi.

Capítulo 11

O envenenamento exógeno por agrotóxicos: panorama brasileiro

Rafael Rodrigo Ferreira de Lima
Inajá Francisco de Sousa
Antônio Heriberto de Castro Teixeira

Resumo: Neste capítulo, com o objetivo de ser um meio claro e conciso do que ocorre ao aplicar os agrotóxicos no modo de produção agrícola no Brasil, é evidenciado, por meio da literatura científica atual, os efeitos sobre a saúde do ser humano e seus desdobramentos sociais. São evidenciados dados sobre as intoxicações exógenas em um período substancial e relatos jornalísticos são mostrados como meio de explanar os poucos avisos que se tem notícias sobre os efeitos deletérios dos agrotóxicos sobre o meio ambiente e os seres vivos.

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos no Brasil é, notadamente, uma questão de debate sobre o acesso e o desperdício a estes. Tão importante quanto aqueles aspectos é o debate sobre a necessidade de utilização de agrotóxicos para a expansão da lavoura e a manutenção de empregos e de crescimento do país. Tais debates, no entanto, podem não estar surtindo efeitos suficientemente rápidos e/ou efetivos para conter os danos socioambientais provocados pelo uso indiscriminado, já repudiado internacionalmente, dos produtos agrotóxicos.

Neste capítulo, com o objetivo de contribuir para tais debates e ser um meio claro e conciso do que ocorre ao aplicar os agrotóxicos no modo de produção agrícola no Brasil, é evidenciado, por meio da literatura científica atual, os efeitos sobre a saúde do ser humano e seus desdobramentos sociais. São evidenciados dados sobre as intoxicações exógenas em um período substancial e relatos jornalísticos são mostrados como meio de explanar os poucos avisos que se tem notícias sobre os efeitos deletérios dos agrotóxicos sobre o meio ambiente e os seres vivos.

2. OS EFEITOS DOS AGROTÓXICOS

O modelo de produção agrícola brasileiro, apoiado em uma conservadora modernização e na exploração exagerada dos recursos naturais não está relacionada ao desenvolvimento rural, cuja afirmação pode ser observada a partir dos efeitos danosos da utilização de insumos altamente deletérios ao meio ambiente e aos animais humanos e não humanos, como os agrotóxicos (Oliboni, Triches, Oliveira, 2023).

> Ao longo dos anos a agricultura e a forma de produzir alimentos vêm se modificando, passando do trabalho braçal para a dependência por tecnologia, associando cada vez mais a produtividade agrícola à utilização de insumos e agrotóxicos. Consequência de um modelo de desenvolvimento baseado na modernização e industrialização da agricultura, que balizou o latifúndio e as monoculturas para produção de commodities para exportação, o Brasil se tornou um país que mais consome agrotóxicos no mundo (Oliboni; Triches; Oliveira, 2023, p. 2).

O Brasil é considerado um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (Garcia, Streider, 2023), de modo que tal uso permite o aumento e a manutenção do tamanho da safra de alimentos e *commodities* produzidas no território brasileiro (Bezerra, 2023). No entanto, essa utilização de agrotóxicos para a produção de alimentos também é um problema que afeta os meios biótico e abióticos e o ser humano, trabalhadores indireta e diretamente envolvidos na atividade agrícola e os consumidores, revelando um grave quadro de saúde pública subjacente (Gouvêa et al., 2023; Santos; Santos, 2023). Dentre os efeitos deletérios na saúde pública, há os casos de cânceres, alergias e distúrbios nos sistemas gastrointestinais, respiratórios, endócrino, reprodutivo e neurológico (Donat et al., 2023).

Agrava-se, ainda, o fato da pouca informação ou treinamento sobre o manuseio desse tipo de insumo durante a atividade agrícola. De acordo com o estudo realizado por Martins *et al.* (2023) em uma comunidade agrícola de Alagoas, 54% dos agricultores não tiveram acesso adequado à informação sobre o manuseio correto, 64% tiveram acesso e fizeram uso de Equipamento de Proteção Individual - EPIs - para o preparo do agrotóxico e 94% utilizaram equipamentos de proteção para a aplicação. No entanto, ainda de acordo com a pesquisa de Martins *et al.* (2023), 98% dos trabalhadores rurais possuem um contato direto durante o processo de aplicação de agrotóxicos em virtude do tipo de equipamento utilizado para essa atividade, demonstrando que possuir e utilizar EPIs não é suficiente para proteger o trabalhador da ameaça velada do agrotóxico. A situação sobre o inexistente treinamento ou a completa falta de informações revela um quadro perigosíssimo para as comunidades diretamente envolvidas e que, ao se observar os estudos sobre o tema, revela uma situação desesperadora que se desenrola sem o alarme da grande mídia, de forma lógica e intencional. Essa relação direta entre a falta de informações adequadas sobre os efeitos dos agrotóxicos sobre o organismo humano pode ser ilustrado com a pesquisa de Becker, Reolon-Costa e Ceolin (2023), realizada no município de Santo Cristo - RS, quando demonstraram que a maioria dos trabalhadores rurais não leem o rótulo dos produtos, não são treinados para a manipulação deste e apontam motivos significativos para o não uso de EPIs como: desconforto térmico, alto custo, desconforto para a execução da atividade e, o mais grave, desnecessários. Ainda segundo essas autoras, 53,96% possuem contato direto dos agrotóxicos com a pele e relataram a ocorrência de sintomas após a aplicação, como: ardência nos olhos, diarreia, náusea, alergias na pele, problemas respiratórios, vômito e irritabilidade. De acordo com Machado, Machado e Moura (2021), no estado do Tocantins, em 2019, houve um aumento de 25,66% de casos de acidentes envolvendo agrotóxicos, cujos principais sintomas foram: formigamento nos membros inferiores, epigastralgia, cefaleia, tonturas, alterações da memória, do sono e do sistema imune. Se, por um momento, considerar que os trabalhadores agrícolas do Rio Grande do Sul e de Alagoas possuem um comportamento e uma concepção sobre o agrotóxico similar àqueles do Tocantins, há, então, uma possível explicação para o aumento no percentual de acidentes envolvendo tal forma de produção agrícola no território brasileiro.

Um exemplo dos efeitos dos agrotóxicos sobre o homem é revelado por Massi, Piracelli e Solci (2023) que discutiram a relação entre a sustentabilidade e o uso desse tipo de insumo e demonstraram que, no estado do Paraná, entre os anos de 2015 e 2019, os agrotóxicos de uso agrícola foram responsáveis por 86% das intoxicações, seguido de 9,3% de intoxicações por uso de agrotóxico doméstico e 4,6% de intoxicações por agrotóxico usado na saúde pública. No estado do Mato Grosso, Santos *et al.* (2023) verificaram que existe uma relação direta entre os casos de doenças respiratórias em indivíduos menores de cinco anos e o uso de agrotóxicos, tendo em vista, de acordo com os autores, que a exposição matemática de agrotóxico, considerando o volume desse insumo e a população estadual, é de 67 litros/habitante.

Segundo o levantamento realizado por Donat *et al.* (2023), os casos de malformações em nascidos vivos estão intrinsecamente relacionados à exposição a agrotóxicos. A questão da malformação em fetos foi discutida por Oliboni, Triches e Oliveiras (2023) que apontaram a interferência dos agrotóxicos no processo formativo do embrião em relação à diferenciação do sexo.

Fica evidente, portanto, os agrotóxicos, embora possuam uma justificativa para sua utilização sob o viés de quem o incentiva, há maiores danos ao ser humano,

principalmente ao trabalhador rural que não sustentam e nem justificam, por si só, tal utilização, levando sérias reflexões sobre o atual modo de produção agrícola brasileiro e a relação com os agrotóxicos.

3. INTOXICAÇÕES POR AGROTÓXICOS NO BRASIL

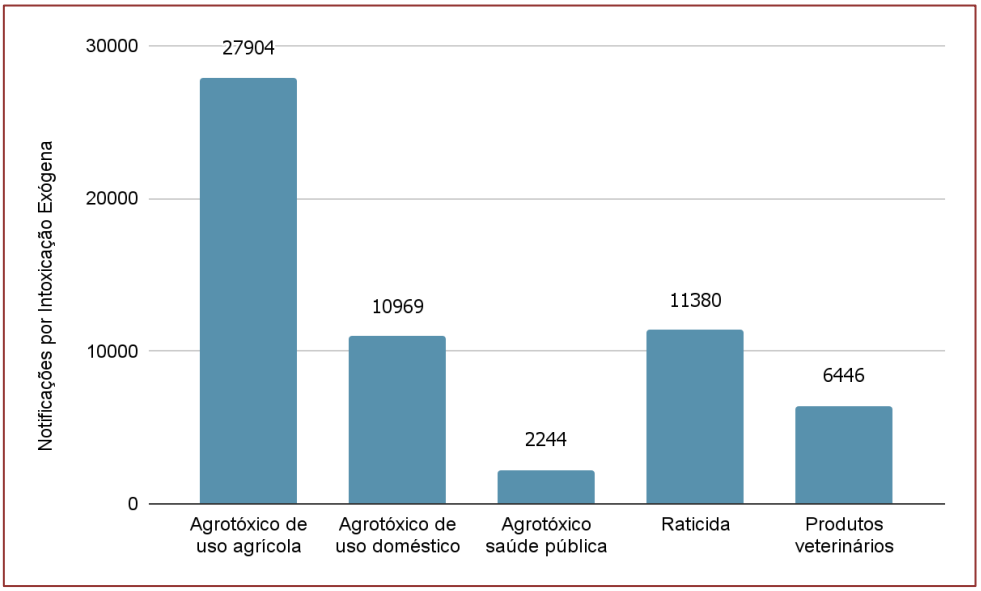
Como observado, os agrotóxicos possuem efeitos muito graves sobre os indivíduos que possuem contato direto e indireto, incluindo aqueles em fase gestacional. Assim, é importante verificar a evolução dos casos de contato e, portanto, intoxicação exógena provocadas por agrotóxicos no Brasil.

Vale salientar que intoxicação exógena:

> Consiste em todo aquele indivíduo que, tendo sido exposto a substâncias químicas (agrotóxicos, medicamentos, produtos de uso doméstico, cosméticos e higiene pessoal, produtos químicos de uso industrial, drogas, plantas e alimentos e bebidas), apresente sinais e sintomas clínicos de intoxicação e/ou alterações laboratoriais provavelmente ou possivelmente compatíveis (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022).

De acordo com o Gráfico 1, no período compreendido entre os anos de 2013 a 2022, os casos de intoxicações exógenas representou um universo de quase 28 mil casos seguido de intoxicações por raticidas, agrotóxico de uso doméstico, produtos veterinários e agrotóxicos empregados em serviços de saúde pública, respectivamente. Fica evidente que há uma fragilidade do trabalhador do campo e das comunidades camponesas a esse tipo de insumo e tal fragilidade não pode ser ignorada à luz de uma sustentabilidade para todos e de uma gestão da qualidade dos produtos agrícolas.

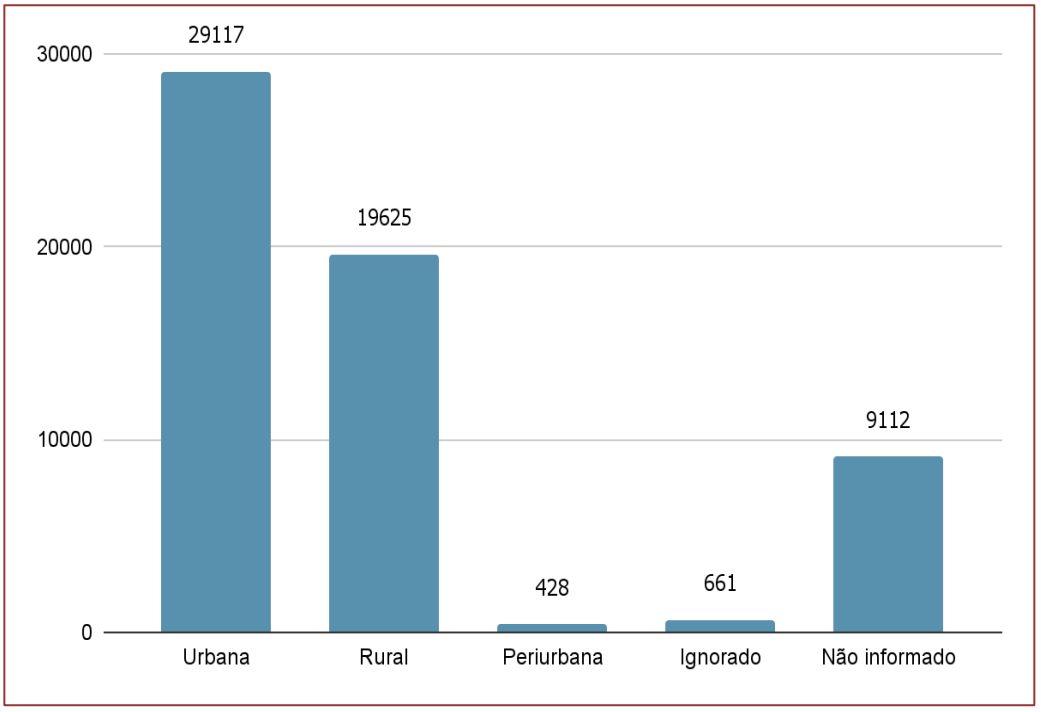
Gráfico 1 - notificações por intoxicação exógena no período de 2013 a 2022



Fonte: Adaptado de Boletim epidemiológico ANVISA/MS, 2023.

Observa-se que, embora o agrotóxico de uso agrícola seja o responsável pela maioria dos casos de intoxicações exógenas, estas ocorrem, preponderantemente, na zona urbana, conforme demonstrado no Gráfico 2. É importante observar que o quantitativo de exposição "ignorado" e "não informado" pode ser ainda mais significativo se o contexto for o meio rural ou urbano. Tal tendência não pode ser contextualizada no Boletim epidemiológico e requer atenção na evolução dos próximos anos.

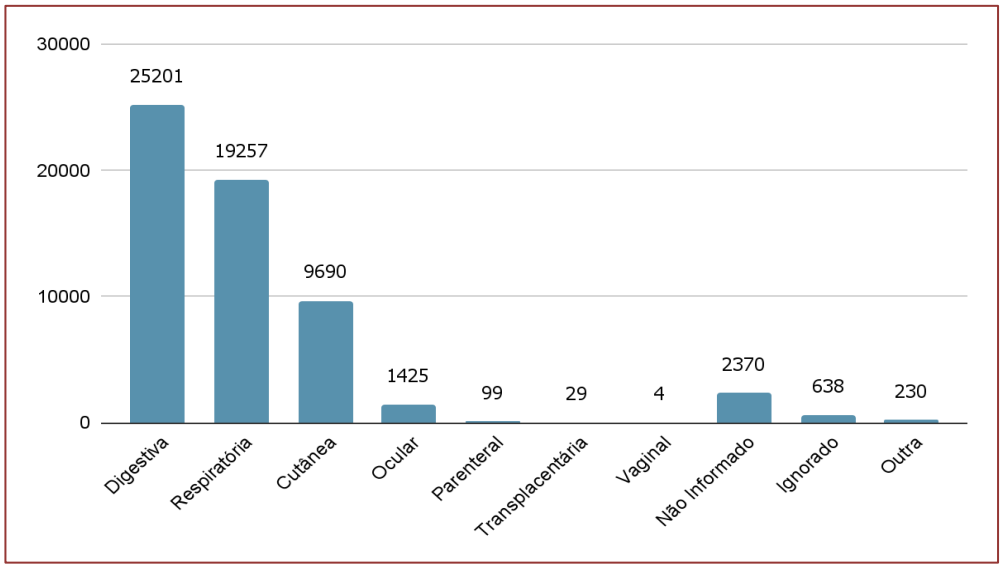
Gráfico 2 - Zona de exposição por intoxicação exógena no período de 2013 a 2022



Fonte: Adaptado de Boletim epidemiológico ANVISA/MS, 2023.

A principal via de contato com os agrotóxicos, conforme pode ser observado no Gráfico 3, são as vias digestiva, respiratória e cutânea, respectivamente. Esse modo de exposição é compatível com as pesquisas discutidas anteriormente em que, mesmo realizando o uso de EPIs, os trabalhadores rurais têm contato direto com o agrotóxico. Sob a óptica da intoxicação no meio urbano, conforme demonstrado no Gráfico 2, é fácil supor não apenas traços comportamentais semelhantes ao que se observa nos descuidos na área rural como também o uso indiscriminado em áreas residenciais e o envolvimento involuntário com animais domésticos, seres humanos e alimentos.

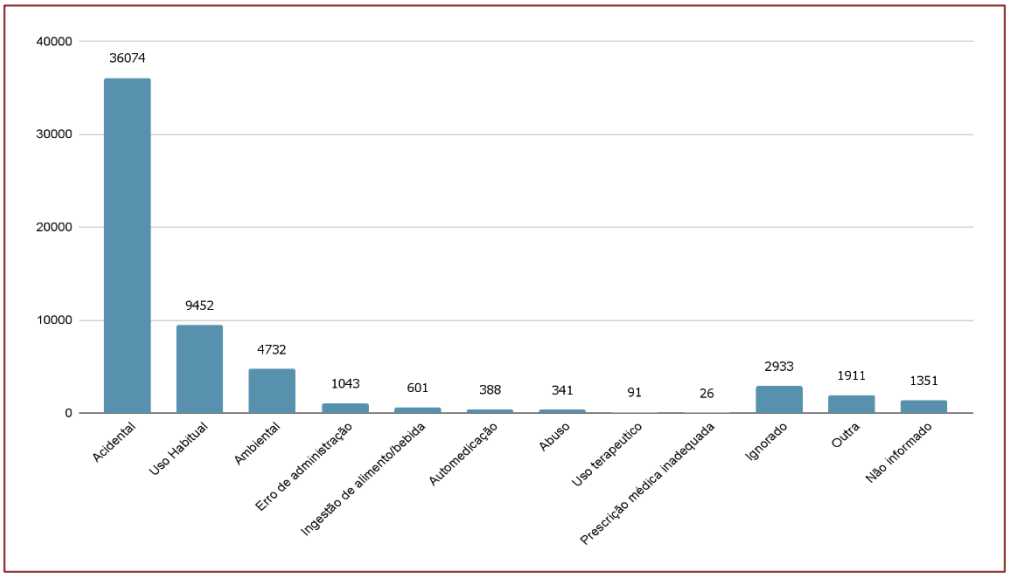
Gráfico 3 - Principal via por intoxicação exógena no período de 2013 a 2022



Fonte: Adaptado de Boletim epidemiológico ANVISA/MS, 2023.

Quando se analisa, conforme o Gráfico 4, a circunstância em que ocorreu a exposição ao agrotóxico e, portanto, a intoxicação exógena, tem-se que as três principais causas são a acidental, a de uso habitual e a ambiental, respectivamente. Essa constatação revela que a informação, o treinamento para o manuseio - seja no ambiente rural ou urbano -, e os perigos que permeiam tais produtos carecem de popularização e seriedade adequada.

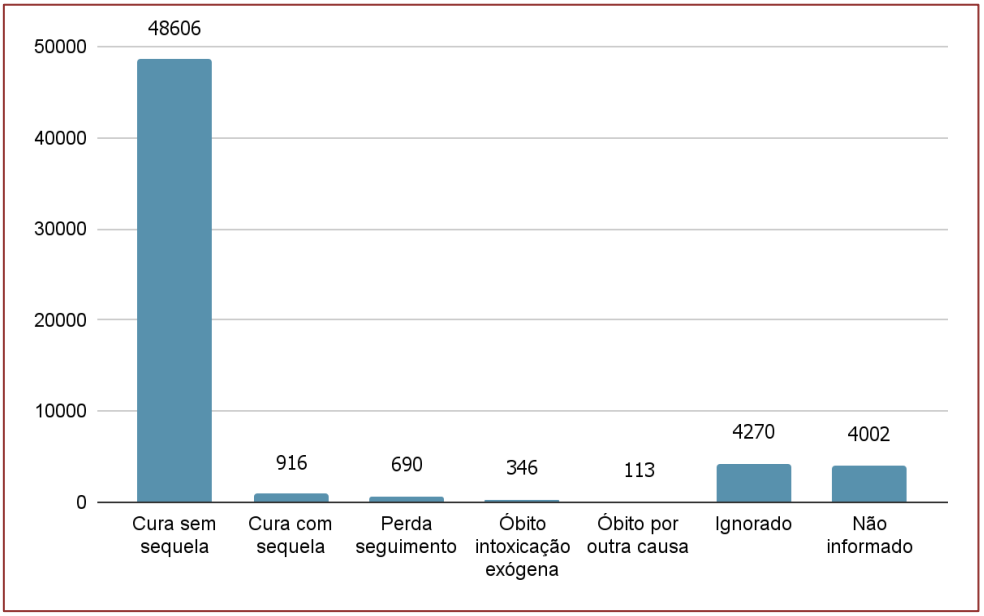
Gráfico 4 - Circunstância de exposição por intoxicação exógena no período de 2013 a 2022



Fonte: Adaptado de Boletim epidemiológico ANVISA/MS, 2023.

Embora alarmantes, os dados sobre as intoxicações exógenas, de imediato, possuem relativa boa notícia quanto à manutenção da vida daqueles que foram expostos aos agrotóxicos. De acordo com o Gráfico 5, a maioria dos indivíduos foram curados, sem sequelas, de tais exposições. No entanto, deve-se ressaltar que a exposição ao agrotóxico pode resultar em problemas de saúde futuros, que não entram nessa estatística imediata.

Gráfico 5 - Evolução da exposição por intoxicação exógena no período de 2013 a 2022



Fonte: Adaptado de Boletim epidemiológico ANVISA/MS, 2023.

4. NOTICIÁRIO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

Como verificado na discussão precedente, é inegável que o uso do agrotóxico, a falta de informações necessárias e a falta de treinamento para a correta utilização, nos ambientes urbano e rural, são fontes geradoras de diversos problemas que ameaçam a sustentabilidade.

Tão importante quanto compreender os efeitos nocivos do agrotóxico é compreender como essa informação é levada à sociedade. A seguir, por ordem cronológica, encontram-se algumas manchetes de noticiários eletrônicos que versaram sobre esse tema.

Em 2014 e 2015, Figuras 1 e 2, os veículos BBC News Brasil e DW noticiaram a expansão do uso de agrotóxicos no Brasil, incluindo aqueles que já eram proibidos em outros países. Proibidos para a comunidade internacional, naturalizado no Brasil - seria o Brasil imune? As estatísticas mostram que não.

Figura 1 - Manchete da BBC News Brasil

Figura 2 - Manchete do DW

Em 2018 e 2019, Figuras 3, 4 e 5, as alarmantes notícias sobre o extermínio de abelhas e pássaros não foi suficiente para comover a sociedade brasileira para o cessar de liberação de mais agrotóxicos. A resposta dos animais não humanos, mais rápida que a dos humanos, evidenciou uma chaga explícita do modo de produção agrícola vigente no Brasil.

Figura 3 - Manchete da BBC News Brasil

Figura 4 - Manchete da BBC News Brasil

Figura 5 - Manchete da BBC News Brasil

Nas manchetes apresentadas nas Figuras 6 a 9 evidenciam a relação entre a mortandade humana e o uso desses produtos, com o alerta reiterado de uso, em solo brasileiro, de agrotóxicos proibidos na comunidade internacional.

Figura 6 - Manchete do DW

Figura 7 - Manchete da BBC News Brasil

Figura 8 - Manchete do DW

Figura 9 - Manchete da BBC News Brasil

A poluição dos recursos hídricos e a intoxicação por agrotóxicos foram notícia em 2023, incluindo a agência de notícias do Governo Brasileiro, conforme as Figuras 10 e 11. Não se trata, portanto, de quando ocorrerá tal calamidade, pois já está ocorrendo e com documentação oficial. A questão posta agora é como conter e reverter tal calamidade.

Figura 10 - Manchete do Um Só Planeta - Sociedade

Figura 11 - Manchete de Um Só Planeta, reprodução Ag. Brasil

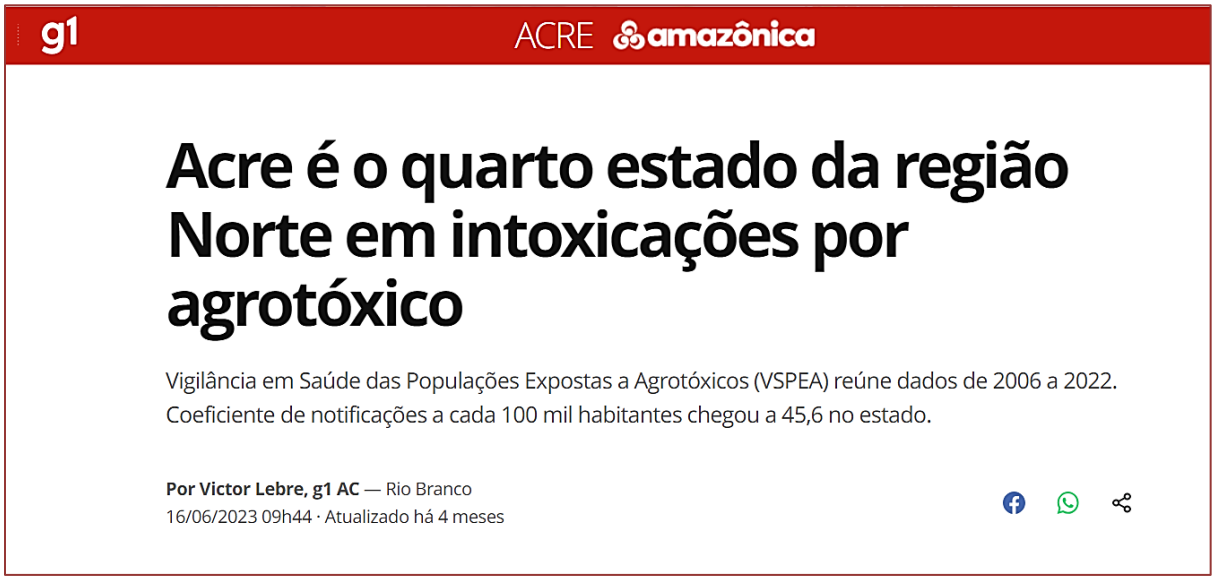
Além dos danos provocados pelos produtos agrotóxicos regulamentados, há ainda todo um mercado paralelo de agrotóxicos falsificados que colaboram para as tragédias correntes anunciadas. Conforme pode ser observado nas Figuras 12 a 15, a falsificação de agrotóxicos é um problema adicional que contribui para as intoxicações e a degradação ambiental.

Figura 12 - Manchete do Portal de notícias do IBAMA

Figura 13 - Manchete do G1 Goiás

Figura 14 - Manchete do G1 Bauru e Marília

Figura 15 - Manchete do G1 Acre


g1 ACRE amazônica

Acre é o quarto estado da região Norte em intoxicações por agrotóxico

Vigilância em Saúde das Populações Expostas a Agrotóxicos (VSPEA) reúne dados de 2006 a 2022. Coeficiente de notificações a cada 100 mil habitantes chegou a 45,6 no estado.

Por Victor Lebre, g1 AC — Rio Branco
16/06/2023 09h44 · Atualizado há 4 meses

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O argumento de utilização de agrotóxicos com o objetivo de manter e/ou expandir a lavoura não mais se sustenta diante da degradação ambiental e dos casos crescentes de intoxicações exógenas. A degradação ambiental provocada pela exposição a esse tipo de produto ameaça a própria agricultura ao provocar a desorientação de pássaros e a morte de abelhas, por exemplo.

Os efeitos nos seres humanos, sejam aqueles que trabalham na lavoura ou seja aqueles que têm contato indireto, por alimentos ou outras pessoas contaminadas, agravam quadros de saúde pública, força os sistemas de saúde e de previdência e ameaça as cadeias produtivas da agricultura pela falta de mão de obra em um futuro próximo.

Assim, não há mais argumentos para manter ativo esse modo de produção baseado em alimentos ricos em agrotóxicos, cuja função tem se mostrado mais de exterminar os seres humanos do que alimentá-los. É nessa preocupação que deve residir as ações e o redirecionamento do consumo dos produtos agrícolas, nos mercados doméstico e internacional, este último muito mais atento a essa questão.

Fica evidente que há deficiências informacionais à sociedade brasileira e o papel de informar, seja via órgãos oficiais, seja pela mídia ou pela publicação científica, tem falhado dado, possivelmente, à especialização exagerada e ao linguajar intencional que se emprega. O trabalhador rural, os residentes de áreas urbanas e o consumidor em geral necessita saber, compreender e extrapolar os limites do que lhe é dito para que se possa ter uma sociedade consciente e atenta à degradação socioambiental que ocorre em todo o território nacional.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, G. Operação contra falsificação e venda de agrotóxicos prende sete pessoas e apreende avião avaliado em R$ 10 milhões. **G1**. Disponível em: https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2023/06/17/operacao-contra-falsificacao-e-venda-de-agrotoxicos-prende-sete-pessoas-e-apreende-aviao-avaliado-em-r-10-milhoes.ghtml. Acesso em 23 out. 2023.

[2] Agrotóxicos podem ter intoxicado quase 3 milhões de brasileiros em 10 anos, diz cientista em livro que questiona "colonialismo químico". **Um Só Planeta.** https://umsoplaneta.globo.com/sociedade/noticia/2023/10/10/agrotoxicos-podem-ter-intoxicado-quase-3-milhoes-de-brasileiros-em-10-anos-diz-cientista-em-livro-que-questiona-colonialismo-quimico.ghtml. Acesso em 23 out. 2023.

[3] BECKER, F. R.; REOLON-COSTA, A.; CEOLIN, S. Uso de agrotóxicos: análise integrada da exposição dos agricultores no município de santo cristo. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 8, n. 1, 2023.

[4] BEZERRA, M. M. **Monitoramento de agrotóxicos em solo de produção orgânica, convencional e hidropônica e correlação com o controle químico de hortaliças cultivadas em Ibiuna**. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Programa de Pós-Graduação, Instituto Biológico, São Paulo, 2022.

[5] BRASIL. Ministério da Saúde. **Intoxicação Exógena**. Disponível em: https://www.sanarmed.com/intoxicacoes-exogenas. Acesso em: 27 out. 2023.

[6] BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico 12: Intoxicações exógenas por agrotóxicos no Brasil - 2013 a 2022.** v. 54. Brasília: 2023.

[7] BOND, L. Berço das águas, Cerrado recebe 600 milhões de litros de agrotóxico por ano. **Um Só Planeta**. https://umsoplaneta.globo.com/energia/noticia/2023/05/31/berco-das-aguas-cerrado-recebe-600-mi-de-litros-de-agrotoxico-por-ano.ghtml. Acesso em 23 out. 2023.

[8] CARRANÇA, T. Agrotóxico mais usado do Brasil está associado a 503 mortes infantis por ano, revela estudo. **BBC News Brasil**. https://www.bbc.com/portuguese/brasil-57209799. Acesso em 23 out. 2023.

[9] COSTA, C. Na contramão de Europa e EUA, Brasil caminha para liberar mais agrotóxicos. **BBC News Brasil.** Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44621328. Acesso em 23 out. 2023.

[10] DONAT, M. M. et al. Malformações fetais: distribuição temporal e sua associação com o uso de agrotóxicos no Rio Grande do Sul. **Saúde em Debate**, v. 47, p. 546-557, 2023.

[11] FELLET, J. Pesquisadores alertam para expansão de transgênicos e agrotóxicos no Brasil. **BBC News Brasil.** Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/01/140108_transgenicos_pai_jf. Acesso em 23 out. 2023.

[12] GARCIA, S. D.; STRIEDER, D. M. Percepções sobre a exposição aos agrotóxicos entre estudantes de escolas do campo: controvérsias identificadas. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 76, 2023.

[13] GOMES, K. Brasil ainda usa agrotóxicos já proibidos em outros países. **DW**. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/brasil-ainda-usa-agrotóxicos-já-proibidos-em-outros-países/a-18837979. Acesso em 23 out. 2023.

[14] GOUVÊA, L. A. V. N. de et al. Agrotóxicos e adoecimento: visão de mulheres rurais. **Nursing (Edição Brasileira),** v. 26, n. 301, p. 9713-9727, 2023.

[15] Ibama no Ceará apreende produtos reagentes e agrotóxicos falsificados. **Governo Brasileiro**. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2021/ibama-no-ceara-apreende-produtos-reagentes-e-agrotoxicos-falsificados. Acesso em: 27 out. 2023.

[16] Intoxicação por agrotóxicos mata um brasileiro a cada 2 dias. **DW**. https://www.dw.com/pt-br/intoxicação-por-agrotóxicos-mata-um-brasileiro-a-cada-dois-dias-diz-relatório/a-61613130. Acesso em 23 out. 2023.

[17] LEBRE, V. Acre é o quarto estado da região norte em intoxicações por agrotóxico. **G1**. Disponível

em: https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2023/06/16/acre-e-o-quarto-estado-da-regiao-norte-em-intoxicacoes-por-agrotoxico.ghtml. Acesso em 23 out. 2023.

[18] MACHADO, L. de P.; MACHADO, J. M. H.; MOURA, B. C. Acidentes de trabalho envolvendo agrotóxicos notificados pelo SINAN. **Rev Bras Med**, v. 2, p. 8.

[19] MARTINS, A. Agrotóxicos: 'estamos todos participando de uma experiência química global'. **BBC News Brasil**. www.bbc.com/portuguese/geral-63255592. Acesso em 23 out. 2023

[20] MARTINS, J. dos S. et al. Impacto dos agrotóxicos para saúde humana e o perfil do agricultor com relação ao seu uso. **Diversitas Journal**, v. 8, n. 3, p. 1441-1454, 2023.

[21] MASSI, E. H. G.; PIRACELLI, V. P.; SOLCI, M. C. O uso de agrotóxicos e o tripé da sustentabilidade. **Revista Valore**, v. 8, p. 8091, 2023.

[22] OLIBONI, K. C.; TRICHES, R. M.; OLIVEIRA, A. M. B. de. Comercialização de agrotóxicos e desfechos de saúde no Estado do Paraná: uma associação não linear. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 33, p. e33014, 2023.

[23] OLIVEIRA, S. De envenenamento a desorientação durante o voo, como os agrotóxicos afetam pássaros e abelhas. **BBC News Brasil**. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-45090375. Acesso em 23 out. 2023

[24] Pesticidas vetados na UE são detectados em frutas do Brasil. **DW**. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/pesticidas-vetados-na-ue-são-detectados-em-frutas-vindas-do-brasil/a-57587430. Acesso em 23 out. 2023.

[25] Polícia fecha laboratório clandestino de agrotóxicos em Barra Bonita. **G1**. Disponível em: https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2023/10/06/policia-fecha-laboratorio-clandestino-de-agrotoxicos-em-barra-bonita.ghtml. Acesso em 23 out. 2023.

[26] SANTOS, L. B. dos et al. Doenças respiratórias em menores de cinco anos relacionadas ao uso de agrotóxicos em Mato Grosso. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 7, p. e13449-e13449, 2023.

[27] SANTOS, J. da C.; SANTOS, M. I. G. Consequências do uso de agrotóxicos na agricultura: Uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 10, p. e111121043556-e111121043556, 2023.

[28] TORRES, A. O agrotóxico que matou 50 milhões de abelhas em Santa Catarina em um só mês. **BBC News Brasil**. https://www.bbc.com/portuguese/brasil-49657447. Acesso em 23 out. 2023.

Capítulo 12

Fungos endofíticos na agricultura

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Resumo: Os fungos endofíticos (EF's) são um grupo de fascinantes comunidades fúngicas associadas aos hospedeiros. Eles colonizam os espaços intercelulares e/ou intracelulares dos tecidos vegetais, proporcionando efeitos benéficos e ao mesmo tempo obtendo vantagens. Vivendo nos tecidos vegetais durante todo ou pelo menos parte do ciclo de vida das plantas, estabelecem uma relação simbiótica mutualística benéfica com o vegetal sem causar doenças ou qualquer efeito adverso. São considerados componentes naturais do micro-ecossistema da planta hospedeira, afetando positivamente o seu metabolismo ao sintetizar fito-hormônios como as auxinas, absorver e transportar nutrientes essenciais presentes no solo e secretar metabólitos que protegem as plantas de estresses bióticos e abióticos. Em troca, a planta oferece aos EF's habitat e os compostos orgânicos por ela produzidos. Nas últimas décadas, várias pesquisas foram realizadas sobre EF's, revelando sua biodiversidade, ampla distribuição ecológica e interações multidimensionais com plantas hospedeiras. Nesta revisão, será discutido aplicações biológicas dos EF's na agricultura.

Palavras-chave: Endófitos, simbiose fúngica, mutualismo fúngico.

1. INTRODUÇÃO

As plantas, especialmente as perenes, são colonizadas por muitos tipos de microrganismos endofíticos que vivem dentro de tecidos vegetais ao longo de suas vidas ou durante determinado período de seus ciclos, sem causar danos visíveis ou mudanças morfológicas em seus hospedeiros. Esses microrganismos incluem fungos e bactérias, coexistindo geralmente com patógenos. De acordo com seus comportamentos colonizadores, a microflora endofítica pode ser classificada em duas categorias: facultativas ou obrigatórias. Os endófitos facultativos colonizam as plantas em certos estágios de seus ciclos de vida, mas também podem viver na rizosfera durante outros estágios. Por outro lado, os obrigatórios vivem nas plantas durante todo o seu ciclo de vida. Geralmente os fungos endofíticos (EF's) se proliferam ao longo das gerações de plantas através da transmissão vertical e utilizam ou alteram a maquinaria metabólica e os produtos metabólicos para a sua própria sobrevivência (Gouda et al., 2016).

Entre estes microrganismos, os EF's têm atraído muito interesse da pesquisa científica porque eles têm fornecido não somente novas fontes de compostos citotóxicos, tais como moléculas anticarcinogênicas e substâncias antibacterianas, mas também bioestimulantes para a biossíntese de óleos essenciais. Eles podem aumentar a solubilização de nutrientes na rizosfera, promover o crescimento vegetal, atuar como agentes do controle biológico e ativar resistências sistêmicas nas plantas aos estresses bióticos e abióticos (Uzma et al., 2018). Nesta revisão, será fornecida uma visão abrangente dos aspectos biológicos dos EF's que estão relacionados à sua diversidade, distribuição e interações multidimensionais com múltiplos organismos, incluindo plantas hospedeiras, epífitos e patógenos.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho foi do tipo pesquisa bibliográfica. Segundo Sousa et al. (2021), a metodologia de pesquisa bibliográfica inicia-se por meio de uma revisão da literatura de obras já existentes, no intuito de auxiliar o pesquisador na delimitação do tema e na contextualização do objeto problema. O levantamento deve ser feito em fontes bibliográficas confiáveis e o autor deve se dedicar à leitura das obras consultadas, fazendo-a de forma exploratória, seletiva e crítica. A pesquisa bibliografia é uma importante metodologia no âmbito das ciências agrárias, a partir de conhecimentos já estudados. Nesse contexto, o pesquisador deve analisar esses conhecimentos para responder seus problemas ou comprovar suas hipóteses, adquirindo novos conhecimentos sobre o assunto pesquisado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BIODIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS NA NATUREZA

De acordo com o modelo reprodutivo e a ocorrência no hospedeiro, as comunidades de EF's podem ser classificadas em duas categorias: o grupo Clavicipitáceo/Balansiáceo (grupo C) e o grupo não Clavicipitáceo/não Balansiáceo (grupo NC). Os EF's do grupo C infectam os óvulos das plantas hospedeiras e se transmite verticalmente dos pais para as progênies através das sementes. Os tecidos alvos para a sua colonização são os rizomas e a parte aérea das plantas hospedeiras, que se restringem a capins (*Poaceae*). As espécies do grupo C são endófitos obrigatórios típicos que secretam metabólitos bioativos em seus

hospedeiros para protegê-los de ataques de herbívoros e/ou tornar possível sua sobrevivência sob condições de seca (Wen et al., 2022). Os EF's do grupo NC (Ascomycota, Basidiomycota), que não têm capins como hospedeiros, têm uma ampla biodiversidade e sua distribuição se dá das regiões tropicais às polares. Seus hospedeiros incluem comunidades de plantas não vasculares, vasculares e lenhosas. Eles são transmitidos de forma sexuada ou assexuada pela produção de esporos ou conídios, que contribuem para a propagação horizontal, isto é, a indução de simbiose. Naturalmente, estes EF's não são intimamente associados às plantas hospedeiras porque podem estar em um estado quiescente. Entretanto, quando eles sentem mudanças químicas induzidas por ferimentos ou outros estresses ambientais nas plantas hospedeiras, ocorre a colonização na parte aérea de forma local, restrita, limitada e, principalmente, intercelular, mas, nas raízes e na rizosfera, é extensa, organizada, sistemática, intercelular e intracelular. Alguns microbiomas endofíticos do grupo NC incluem *Fusarium* spp., *Piriformospora indica* e os fungos septados escuros (Alam et al., 2021).

Progressos recentes em técnicas moleculares, como sequenciamento metagenômico, impressão digital de DNA e análise filogenética, foram empregados com sucesso para detectar e identificar as espécies, a composição da comunidade e a diversidade de EF's. Esses estudos demonstraram que a gama de hospedeiros de EF's inclui algas, hepáticas, musgos, antóceros, gramíneas, licófitas, samambaias, equisetopsida, arbustos, árvores caducas e coníferas, gimnospermas, angiospermas e plantas herbáceas de folhas largas anuais e perenes. Os EF's também estão distribuídos em uma ampla gama de habitats geográficos, como ecossistemas tropicais, temperados, de tundra ártica, alpinos, aquáticos e xerofíticos, por mais de 400 milhões de anos (Bahran et al., 2018).

3.2. FUNGOS ENDOFÍTICOS E SUAS INTERAÇÕES MULTIDIMENSIONAIS

Por ocasião da biogênese e do estabelecimento da simbiose, os EF's encontram hospedeiros específicos, comunidades de plantas não hospedeiras, epífitos e patógenos. Esses múltiplos encontros levam os EF's a desenvolver interações multidimensionais (Figura 1). As principais descobertas evolutivas e ecológicas direcionam-se ou correlacionam-se a essas interações.

a) Interações dos Fungos Endofíticos com as Plantas Hospedeiras

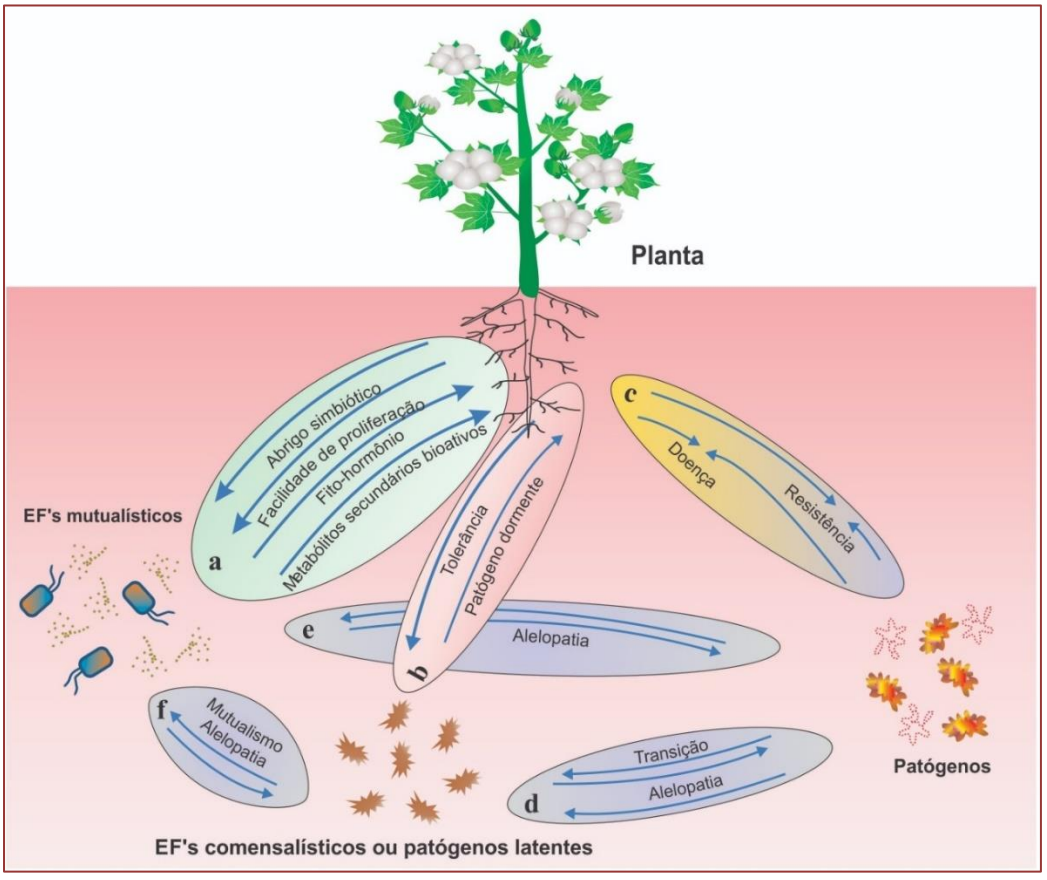
Os fungos podem colonizar os espaços intercelulares e/ou intracelulares das plantas, sendo que é nas raízes que a colonização ocorre de forma mais sistemática e extensiva. Na parte aérea, a colonização vai depender dos fluidos apoplásticos como fonte de nutrientes para a reprodução dos EF's. Durante a infecção, os fungos formam três tipos de interações com os hospedeiros: mutualística (endófitos benéficos), comensalística (endófitos não benéficos/virulentos) e patogênica (patógenos virulentos) (Figura 1), dependendo do estado fisiológico e/ou das condições ambientais em que se encontram as plantas. De acordo com esses três modos de ação, os micélios de fungos podem aumentar, não ter efeitos significativos ou diminuir a aptidão do hospedeiro (Kogel et al., 2006).

a.1) Simbiose Mutualística

Na simbiose mutualística, os EF's alteram o metabolismo da planta hospedeira, melhorando a tolerância à seca e aos metais pesados, aumentando a taxa de crescimento

e promovendo a aquisição de nutrientes minerais. Eles também aumentam a defesa das plantas contra animais herbívoros e pragas, bem como contra infecções por microrganismos patogênicos (Cui et al., 2021). Em resposta a estes benefícios, as plantas hospedeiras fornecem abrigo e facilidade para a proliferação dos EF's, tais como suprimento adequado de nutrientes e proteção para que o fungo possa completar seguramente o seu ciclo de vida durante a colonização (Figura 1a). Os EF's oferecem vantagens potenciais às plantas por vários mecanismos. Um deles é pelo aumento do sistema imunológico através do estímulo à produção de bioativos, que são agentes de proteção, e de metabólitos que funcionam como herbicidas naturais. Um outro mecanismo é pela produção e fornecimento de fito-hormônios – auxinas, citocininas e giberelinas – que promovem o crescimento da planta hospedeira. Estudos têm demonstrado que os endófitos aumentam os sistemas de defesa da planta pela produção de etileno e ácido jasmônico ou pela interação com os fatores de transcrição que produzem etileno. A interação hospedeiro *x* simbionte resulta em uma vantagem competitiva aos dois, fornecendo um maior potencial para crescimento e sobrevivência em relação à planta e ao fungo vivendo isoladamente, em condição não simbiótica (Alam et al., 2018; Yang et al., 2019).

Figura 1 – Um modelo esquemático das interações plantas *x* microbiomas. As interações incluem: (a) interações entre plantas e fungos endofíticos (EF's) mutualísticos. (b) interações entre plantas e EF's comensalísticos ou patógenos latentes, (c) interações entre plantas e patógenos e (d - f) interações entre microbiomas



Diagramação: Sérgio Cobel da Silva
Fonte: Alam et al. (2018).

a.2) Da Relação Comensalística à Patogênica Latente

Em uma relação comensalística ou patogênica latente, os EF's esporulam rapidamente e interagem com as plantas hospedeiras através de uma relação que pode ter ou não efeito benéfico significativo sobre a fisiologia do vegetal. Sob condições normais, estes endófitos ficam como patógenos latentes no hospedeiro (Figura 1b) ao passo que, sob condições de estresse, ficam como patógenos ativos (Figura 1c). Fungos endofíticos que também podem ser possíveis patógenos incluem *Cladosporium*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Cordana*, *Deightoniella*, *Periconiella*, *Verticillium*, *Curvularia*, *Nigrospora*, *Guignardia* e *Phoma*. Esses EF's permanecem em estado latente ou inativo nas suas plantas hospedeiras muito antes de aparecer os primeiros sintomas das doenças. Essa fase de dormência é essencial para determinar em que momento o fungo fica inofensivo como endófito ou virulento como patógeno. Na fase virulenta, os EF's causam os sintomas característicos da doença, mudando a morfologia e a fisiologia das plantas sob condições adversas (Figura 1d). São precisamente as condições hostis, como nutrição mineral inadequada; perturbação da ontogenia; estresses bióticos; mudanças climáticas drásticas, como temperatura elevada e excesso umidade, e senescência que quebram o equilíbrio entre os EF's e os seus hospedeiros, levando à transição dos endofíticos do modo latente para patógenos virulentos ativos, mesmo sem apresentar sintomas da doença, antes da transição (Alam et al, 2018). Há espécies endêmicas de fungos, como por exemplo a maior parte das linhagens de *F. oxysporum*, que vivem nos tecidos do hospedeiro sem causar os sintomas da doença. Algumas linhagens até mesmo proporcionam efeitos benéficos como promoção do crescimento e nutrição fosfatada, agindo como um endófito sob deficiência de P. Supõe-se que uma combinação de efetores, enzimas e metabólitos secundários determinam o resultado da interação, ou seja, se o fungo é endofítico ou patogênico. O estado nutricional pode facilitar a transição da patogenicidade para a simbiose (Poveda et al., 2021).

b) Interações dos Fungos Endofíticos com outros Microbiomas

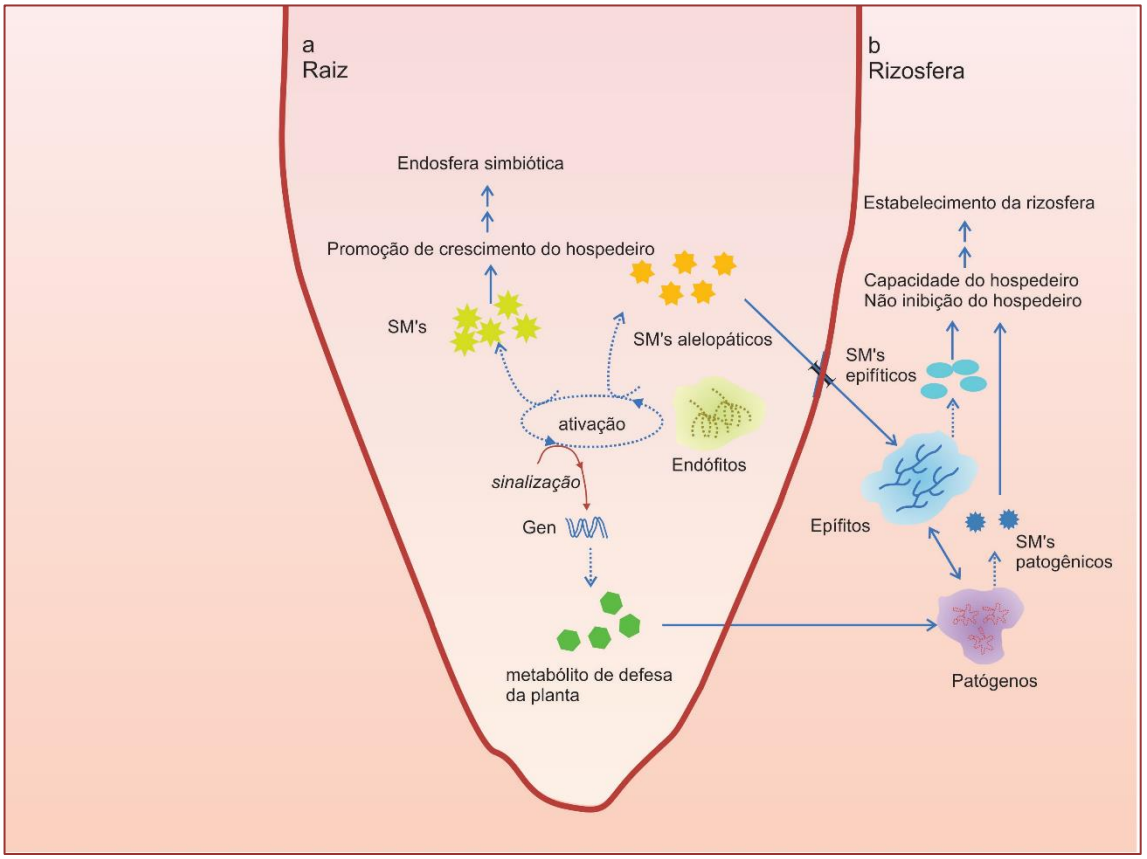
Na relação endófito-hospedeiro, os EF's têm, inevitavelmente, interações dinâmicas e complexas com outras comunidades microbianas, incluindo linhagens fúngicas e bacterianas associadas à endosfera, podendo ser patogênicas ou simbióticas sob condições naturais (Figura 1d – f). Os perfis metabólicos dos EF's podem ser afetados pela infecção por patógenos, indicando que existem efeitos antagônicos, ou comunicações químicas, entre os dois microrganismos. Os EF's também podem abrigar uma variedade de espécies bacterianas (bactérias endohifais) em suas hifas. Quando um endófito foliar hospeda a bactéria endohifal *Luteibacter* sp., sua produção de ácido indol acético (AIA) é significativamente aumentada. Porém um meio de cultura contendo a bactéria não mostra a produção do fitormônio (Hoffman et al., 2013). As plantas hospedeiras podem fornecer interfaces diretas, facilitando as interações entre os EF's e a microflora bacteriana. Os EF's mutualísticos *Neotyphodium* sp. e *Epichloë* sp. protegem as folhas das gramíneas festucas dos herbívoros, produzindo o alcaloide lolina. Na superfície foliar da grama festuca não infectada com os endófitos ou de outras plantas que estão infectadas com endófitos que não são capazes de produzir o lolina, não há o acúmulo de bactérias (Roberts e Lindow, 2014). Em alguns casos, as interações indiretas entre os EF's e outros microrganismos podem envolver a participação de um terceiro organismo. Um exemplo típico é a interação entre o EF *N. coenophialum* e o vírus anão amarelo da grama. O *N. coenophialum* protege suas plantas hospedeiras contra pulgões, que são vetores primários do vírus (Yi e Gray, 2020).

3.3. PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS POR FUNGOS ENDOFÍTICOS

Quando diferentes microrganismos ocupam o mesmo habitat, competem por recursos como nutrientes, espaço, fatores de reprodução e outras necessidades ao longo dos seus ciclos de vida. Comparados aos microrganismos que têm baixa adaptabilidade, os adaptáveis têm maior capacidade de aproveitar esses recursos necessários e aumentar em número de indivíduos mesmo na insuficiência de satisfazer as necessidades da comunidade. Como resultado, os primeiros podem não sobreviver em condições adversas. Para driblar essa situação, os organismos desenvolveram duas estratégias de competição. Uma delas é produzir aleloquímicos que inibam o crescimento e eliminem os efeitos tóxicos produzidos pelos seus concorrentes (Poveda, 2021). A outra é produzir aleloquímicos que formem alianças, através de relações simbióticas, com simbiontes ou hospedeiros. Estas relações permitem que ambas as partes sobrevivam e se reproduzam com segurança, mesmo em ambientes extremamente adversos (Macías-Rubalcava et al., 2008). De acordo com a hipótese da coevolução a longo prazo dentro das comunidades biológicas, esta orientação mútua dos EF's com os seus hospedeiros permitiu com que cada EF adquirisse uma gama específica de espécies hospedeiras, permitindo-lhes associar-se a um grupo eucariótico hospedeiro específico (Figura 2a).

Figura 2 – Orientação mútua de microbioma e planta (a) e comunicações químicas entre plantas, endófitos, epífitos e patógenos sob condições ecológicas naturais (b)

SMs = Metabólitos secundários



Diagramação: Sérgio Cobel da Silva
Fonte: Alam et al. (2018)

A maioria desses aleloquímicos são metabólitos secundários (SM's), uma variedade de produtos químicos, geralmente de baixo peso molecular e bastante heterogêneos, os quais acreditava-se anteriormente não terem efeito funcional direto no crescimento, desenvolvimento e reprodução dos organismos que os produzem (Fox e Howlett, 2008; Shwab e Keller, 2008). Os compostos orgânicos voláteis (COV's) são um grande grupo de produtos químicos que permitem aos seus produtores - incluindo plantas e microrganismos – se defenderem contra os ataques de pragas ou patógenos, ou transmitir avisos intra ou interespecificamente durante esses ataques (Poveda, 2021). Historicamente, o termo "secundário", usado para tais metabólitos, era associado à sua "essencialidade", mas foi demonstrado que eles desempenham papéis importantes no crescimento e desenvolvimento de organismos, de maneira indireta (Deepika et al., 2016). Ao impedir competição, os SM's ajudam os organismos que os produzem a sobreviver. Eles também podem causar danos a outros indivíduos da mesma espécie. Exemplos desses SM's incluem aqueles que ajudam os organismos a acessarem recursos limitados e sobreviver em um nicho adverso específico, inibindo os concorrentes (Xie et al., 2019; Figura 2b).

Os SM's formam a filogênese da simbiose entre os EF's e suas plantas hospedeiras. O conceito de coevolução tem sido aplicado para caracterizar as interações bioquímicas entre EF's e hospedeiros. Trata-se da moldação da produção de SM's, que desempenham papéis importantes na comunicação endófito-hospedeiro com o propósito de adaptação mútua e orientação para diferentes ambientes (Lind et al., 2017). Estudos sugerem que estresses ambientais, mudanças climáticas drásticas e repentinas ou senescência podem facilitar a conversão de endófitos em patógenos no hospedeiro, para fins de adaptação a essas mudanças ecológicas (Photita et al., 2004). Pode também ocorrer filogênese de patógenos a endófitos (Cui et al., 2021). As mutações que fazem os genes da virulência perderem a função e a consequente alteração do caminho biossintético dos SM's eventualmente convertem as interações patógeno-hospedeiro em relações simbióticas mutualísticas benéficas (Tan e Zou, 2001). Plantas infectadas com EF's possuem mais compostos bioativos do que aquelas infectadas com fungos patogênicos. Geralmente, quando os EF's facultativos começam a colonizar as plantas hospedeiras, eles enfrentam três tipos de competidores: epífitos, patógenos e os sistemas de defesa do hospedeiro. Isto pode explicar por que as plantas infectadas com EF's produzem mais produtos químicos defensivos do que as plantas infectadas com patógenos (Schulz et al., 2002; Figura 2b). Entre os SM's estão: alcalóides, benzopiranonas, flavonóides, ácidos fenólicos, quinonas, esteróides, terpenóides, tetralonas e xantonas (Yadav et al., 2017).

3.4. APLICAÇÃO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS NA AGRICULTURA

Os EF's têm grande potencial na agricultura, pois oferecem vários benefícios às plantas hospedeiras tais como promoção do crescimento, biocontrole de pragas, supressão de doenças e tolerância a estresses ambientais. Esse fato é a base para o desenvolvimento de práticas avançadas de manejo agrícola.

a) Potencial dos Fungos Endofíticos como Agentes Promotores do Crescimento

A promoção do crescimento das plantas pelos EF's é um importante benefício que tem sido bastante estudado, principalmente do ponto de vista prático. Os EF's auxiliam as plantas diretamente na aquisição de nutrientes do solo, como fósforo e ferro, e na produção de fitormônios como auxinas, giberelinas e etileno. Também auxiliam indiretamente pela supressão de fitopatógenos que causam doenças. Fungos rizosféricos e endofíticos promovem o crescimento das plantas através de mecanismos semelhantes, mas não idênticos. Ao contrário dos rizosféricos, os endofíticos quando colonizam os tecidos do hospedeiro não são expostos a condições externas como pH, temperatura, umidade e bactérias do solo, permitindo um melhor desempenho do que os fungos rizosféricos, após a aplicação. *Piriformospora indica*, um EF basidiomiceto que coloniza numerosas raízes, é a espécie fúngica mais comumente utilizada na promoção do crescimento de plantas. Várias espécies de *Trichoderma*, como *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. polysporum* e *T. virideare*, são amplamente utilizadas na preparação de biopesticidas e biofertilizantes, pois são potentes o suficiente para colonizar tecidos radiculares e interagir com a planta hospedeira, aumentando a absorção de água e nutrientes, induzindo resistência às doenças, degradando compostos tóxicos e, dessa forma, promovendo o crescimento das plantas (Topolovec-Pintarić, 2019). A solubilização de fosfato, a secreção de sideróforos, a produção de fitoormônios e a resistência sistêmica induzida (ISR) são as funções mais importantes dos EF's na promoção do crescimento vegetal (Burragoni e Jeon, 2021).

a.1) Solubilização de Fosfato

Os EF's têm a capacidade de promover solubilização de fosfatos. No solo, o P existe naturalmente como apatita, fluorapatita e hidroxiapatita, o que o torna insolúvel e indisponível às raízes. As formas orgânicas e inorgânicas de P são solubilizadas pelos EF's usando mecanismos de quelação e troca, abaixamento do pH e acidificação pela secreção dos ácidos orgânicos láctico e acético que quelam os cátions ligados ao fosfato solubilizando P. Os EF's *Aspergillus*, *Penicillium* e *Trichoderma*, além dos fungos micorrízicos arbusculares, solubilizam eficientemente o fosfato (Mehta et al., 2019). Além disso, o EF *Curvularia geniculata*, encontrado nas raízes de *Parthenium hysterophorus*, foi identificado como promotor do crescimento por meio da solubilização do P (Priyadharsini e Muthukumar, 2017).

a.2) Produção de Sideróforos

O ferro é um micronutriente essencial ao crescimento das plantas. Os EF's ajudam na absorção do Fe através da produção de sideróforos - quelantes de ferro de baixo peso molecular, solúveis em água, com alta afinidade para o íon Fe^{3+} e que mantêm a homeostase do elemento. Os endófitos produzem hidroxamato e catecolato, que são sideróforos que desempenham diversas funções tais como: biocontrole de fitopatógenos, por limitar a absorção de ferro pelo agente patogênico; redução da toxidez a metais pesados e resistência sistêmica induzida (ISR) (Aznar et al., 2015). O EF *Piriformospora indica* está envolvido na eliminação de Fe através da produção de sideróforos (Bajaj et al., 2018). A produção de sideróforos por *Epichloë festucae* é conhecida por modular a homeostase do Fe e a simbiose com o azevém (Burragoni e Jeon, 2021).

a.3) Produção de Fitormônios

Os EF's produzem ou modulam os níveis de fitormônios como auxinas, giberelinas (GA), citocininas e etileno para promover o crescimento das plantas. A produção da auxina ácido indol 3-acético (AIA) ocorre em vários endófitos, aumentando a eficiência da colonização (Trivedi et al., 2020). As giberelinas GA1, GA2 e GA3 e as citocininas cinetina e zeatina são outros fitormônios importantes que promovem o crescimento das raízes e dos brotos das plantas e aumentam o tamanho e a biomassa dos grãos, respectivamente. Os EF's *Piriformospora indicam*, *Pestalotiopsis aff. neglecta*, *Aspergillus fumigatus* TS1 e *Fusarium proliferatum* BRL1 produzem AIA, GA e/ou citocininas (Khan et al., 2015). Por último, mas não menos importante, o etileno é um fitormônio cuja biossíntese aumenta sob estresse, resultando em retardo no crescimento das plantas e às vezes até na senescência. Os endófitos potencialmente contornam esses efeitos deletérios, produzindo ACC desaminase, que alivia o estresse e promove o crescimento das plantas, clivando um precursor imediato de etileno, ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) em amônia e 2-oxobutanoato, diminuindo assim a concentração endógena de etileno (Glick, 2014).

a.4) Resistência Sistêmica Induzida (SRI)

Os fitormônios modulam as respostas imunológicas que são altamente específicas e eficazes contra uma ampla variedade de patógenos. Sabe-se que os endófitos provocam a resistência sistêmica induzida (SRI) durante o processo de colonização, tornando as plantas tolerantes aos patógenos. Ao contrário da resistência sistêmica adquirida (SRA), provocada por agrotóxicos ou patógenos, a SRI é geralmente induzida por EF's por meio da ativação das vias de sinalização de ácido jasmônico e/ou etileno em plantas. Fungos endofíticos como *Fusarium oxysporum* e *Trichoderma* sp. são indutores de SRI e atenuadores de vários estresses abióticos em plantas (Pieterse et al., 2014).

b) Uso dos Fungos Endofíticos como Agentes de Biocontrole

As propriedades de biocontrole apresentadas pelos EF's têm sido pesquisadas para combater fitopatógenos. Elas podem ser devidas à secreção de enzimas quitinolíticas, competição por espaço e nutrientes, micoparasitismo e produção de compostos inibitórios. As espécies *Piriformospora indica*, *Sebacina vermifera* e *Trichoderma* auxiliam no biocontrole de fitopatógenos tais como *Gaeumannomyces graminis*, que causa a doença do mal-do-pé no trigo; *Fusarium oxysporum*, que causa a murcha de fusarium na lentilha; e *Rhizoctonia solani*, que é um potente fitopatógeno. O endófito sistêmico do trigo *Sarocladium zeae* também está envolvido no biocontrole do fusarium (Raymaekers et al., 2020).

Os EF's também têm mostrado potentes propriedades inseticidas, desempenhando um papel essencial na proteção das plantas hospedeiras contra uma ampla variedade de insetos herbívoros, através de dissuasão ou envenenamento. Por meio da atividade inseticida, o fungo *Phomopsis oblonga* protege o ulmeiro contra o besouro *Physocnemum brevilineum*, produzindo compostos tóxicos. EF's como *Acremonium lolii, Cladosporium sphaerosperum, Balansia cyperi e Gliocadium* sp. também apresentam propriedades inseticidas. O EF *Muscodor vitigenus*, isolado de *Paullina paullinioides*, produz um potente repelente de insetos – o naftaleno. O fungo *Nodulisporium* sp., da planta *Bontia daphnoides*, produz ácidos nodulispóricos, que são diterpenos indol conhecidos por exibirem potente atividade inseticida contra larvas das moscas das flores. O endófito *Sarocladium strictum*,

da planta *Cynanchum acutum* age contra o inseto polífago *Spodoptera littoralis; Acremonium vitellinum* age contra *Helicoverpa armigera*; Streptomyces, EF da planta *Stemona sessilifolia*, produz endostemoninas que agem contra o *Aphis gossypii*; e *Isaria fumosorosea* Wize, EF da mamona, age contra *Locusta migratoria* L. e *Acanthoscelides obtectus* Say (Burragoni e Jeon, 2021).

c) *Uso dos Fungos Endofíticos na Proteção contra Estresses Abióticos*

Os EF's podem proteger as plantas hospedeiras de estresses abióticos como seca, salinidade e temperaturas extremas. Endófitos fúngicos como *Neotyphodium* spp. e *Trichoderma* spp. aumentam a tolerância à seca em gramíneas e cacaueiro; *Piriformospora indica* induz tolerância à salinidade em cevada e tolerância à seca em plantas de repolho; e *Aspergillus fumigatus*, EF da planta *Myricaria laxiflora*, melhora a tolerância à seca no arroz através da produção de um composto análogo à cumarina. Também, os EF's que habitam a filosfera – superfície das folhas - induzem tolerância a vários estresses abióticos, como seca, temperaturas extremas, salinidade, radiação UV, dessecação e geada, através da formação de biofilmes (Yadav et al., 2017).

d) Uso dos Fungos Endofíticos para Biorremediação

Biorremediação é o processo de utilização de microrganismos, plantas ou suas enzimas para recuperar ambientes contaminados. Nessa perspectiva, os EF's podem degradar poluentes xenobióticos nocivos. Endófitos como *Geomyces pannorum*, *Aspergillus niger* e *Pestalotiopsis microspora* têm a capacidade de degradar parcialmente poliuretano. *Penicillium simplicissimum* é usado na biorremediação de polietileno. Também, o EF *Drechslera* sp., da gramínea nativa austríaca *Neurachne alopecuroidea*, é considerado um agente de biorremediação eficaz na remoção de éter metil terciário-butílico, um contaminante de solo. A utilização de endófitos vegetais modificados geneticamente para capacidade de degradação potencialmente alta pode revelar-se uma estratégia sustentável para a biorremediação (Kumari e Chaudhary, 2020).

e) Uso dos Fungos Endofíticos para Produção de Composto Orgânico

Os endófitos fornecem um importante serviço ecossistêmico como decompositores da matéria orgânica. O ciclo de vida das plantas colonizadas com EF's alterna-se entre os modos endofítico e saprofítico. Os endófitos tornam-se saprófitos após a morte dos tecidos do hospedeiro ou após a senescência das plantas. Alguns gêneros de EF's, como *Anthostomella*, *Arecomyces*, *Arecophila*, *Capsulospora* e *Linocarpon* tornam-se saprófitos em partes de plantas senescentes (Wolfe e Balhorn, 2020). As comunidades de EF's que colonizam folhas e outras partes aéreas das plantas são os principais agentes de decomposição da serapilheira, que é um processo altamente complexo envolvendo vários tipos de fungos que mudam substancialmente entre endofíticos e saprofíticos ao longo do tempo. A decomposição é dificultada devido a lignina e outros compostos recalcitrantes conhecidos coletivamente como AUR (resíduo ácido não hidrolisável). Endófitos ligninolíticos de árvores e gramíneas com potencial para produzir enzimas ligninolíticas representam um grande potencial na produção de biocompostos, excelentes adubos orgânicos sustentáveis (Osono, 2019).

f) Uso dos Fungos Endofíticos para Produção de Biocombustíveis

O aumento do consumo mundial de energia, aliado ao declínio de combustíveis fósseis, têm demandado uma mudança definitiva em direção aos combustíveis alternativos. Nessa perspectiva, micróbios endofíticos são importantes por serem capazes de produzir biocombustíveis ou enzimas que podem degradar diferentes fontes de carbono. O EF *Gliocladium roseum* produz uma série de hidrocarbonetos voláteis conhecidos como mico-diesel (Strobel et al., 2008). Os fungos xilariáceos, que produzem altas concentrações de ésteres metílicos, são considerados uma fonte promissora de biocombustível (Babu e Sarma, 2019). Além disso, os EF's *Aspergillus niger*, *Trichoderma atroviride*, *Alternaria* sp., *Annulohypoxylon stigyum* e *Talaromyces wortmannii* são conhecidos por produzirem enzimas hidrolíticas capazes de degradar a biomassa da cana-de-açúcar como parte da produção de bioetanol (Robl et al., 2013). Tem havido esforços sistemáticos para catalogar endófitos capazes de produzir biocombustíveis. Por exemplo, 127 EF's de árvores de eucalipto foram isolados para a atividade da enzima lacase, entre os quais *Hormonema* sp. e *Pringsheimia smilacis* da família *Dothioraceae*, *Ulocladium* sp. (*Pleosporaceae*), *Neofusicoccum luteum* e *Neofusicoccum australe* (*Botryosphaeriaceae*) (Fillat et al., 2016). O potencial do ascomiceto endofítico *Hormonema* sp., do eucalipto, na melhoria de certos processos em biorrefinarias lignocelulósicas, tais como sacarificação enzimática, biopolpação e biobranqueamento, foi demonstrado com sucesso. Este fungo exibiu alta atividade de deslignificação, melhorando os rendimentos de açúcar em 8 vezes (Fillat et al., 2017). Além disso, cinco EF's produtores de lacase, *Neofusicoccum luteum*, *Ulocladium* sp., *Pringsheimia smilacis*, *Hormonema* sp., e *Neofusicoccum austral*, foram empregados com sucesso para melhorar a sacarificação e biopolpação da madeira de *Eucalyptus globulus* (Martín-Sampedro et al., 2015). Dois EF's, *Ulocladium* sp. e *Hormonema* sp., combinados com ácidos suaves, também foram empregados no pré-tratamento de restos podais de oliveiras, aumentando em 12% a hidrólise enzimática (Martín-Sampedro et al., 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No começo do século XXI, devido aos avanços tecnológicos, houve um aumento exponencial das pesquisas sobre biologia, diversidade, propriedades e aplicações dos fungos endofíticos em plantas. Entretanto, apesar destes progressos, ainda sabemos muito pouco a respeito destes simbiontes. Para aproveitar os benefícios e/ou propriedades dos endófitos, primeiro precisamos fazer uma catalogação abrangente deles nas mais diversas espécies de plantas, considerando o fato de que diferentes órgãos de um único hospedeiro possuem diferentes composições de EF's. Também, a utilização destes fungos e dos seus metabólitos depende fortemente do seu cultivo e manutenção em laboratório, sequenciamento genético, aclimatação em casa-de-vegetação e validação em campo. Essas etapas facilitarão a nossa compreensão sobre as relações simbióticas entre as plantas e os endófitos, permitindo a aplicação prática na agricultura por meio de preparados fúngicos para revestimento de sementes e pulverizações diretas, bem como de preparados à base de metabólitos secundários. Os EF's tornaram-se um importante reservatório de recursos biológicos, representando uma fonte de materiais não só para bioformulações, mas também para bioprospecção. Para os problemas da contemporaneidade, como a crescente demanda por alimentos a nível mundial, as alterações climáticas, as poluições ambientais e o número crescente de infecções resistentes aos antibióticos, os EF's têm o potencial de fornecer soluções pelo menos parciais, se não completas. Portanto, os EF's necessitam ser pesquisados mais

intensamente, a fim de obter os seus benefícios através de aplicações não só no setor agrícola, mas também industrial e farmacêutico.

REFERÊNCIAS

[1] ALAM, B.; LǏ, J.; GĚ, Q.; KHAN, M. A.; GǑNG, J.; MEHMOOD, S.; YUÁN, Y.; GǑNG, W. Endophytic fungi: from symbiosis to secondary metabolite communications or vice-versa? **Front in Plant Sciences**, v. 12, p. 791033, 2021. doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2021.791033.

[2] AZNAR, A.; CHEN, N. W. G.; THOMINE, S.; DELLAGI, A. Immunity to plant pathogens and iron homeostasis. **Plant Science**, v. 240, p. 90-97, 2015. doi: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.08.022.

[3] BABU, P. R.; SARMA, V. V. **Fungi as Promising Biofuel Resource**. In: SINGH, J. S.; SINGH, D. P. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Microbial Biotechnology in Agro-environmental Sustainability. Amesterdã: Elsevier, 2019. p. 149-164. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64191-5.00011-0.

[4] BAHRAN, M.; HILDEBRAND, F.; FORSLUND, S. K.; ANDERSON, J. L.; SOUDZILOVSKAIA, N. A.; BODEGOM, P. M.; BENGTSSON-PALME, J.; ANSLAN, S.; COELHO, L. P.; HAREND, H.; HUERTAS-CEPAS, J.; MEDEMA, M. H.; MALTZ, M. R.; MUNDRA, S.; OLSSON, P. A.; PENT, M.; PÕLME, S.; SUNAGAWA, S.; RYBERG, M.; TEDERSOO, L.; BORK, P. Structure and function of the global topsoil microbiome. **Nature**, v. 560, p. 233-237, 2017. doi: https://doi.org/10.1038/s41586-018-0386-6.

[5] BAJAJ, R.; HUANG, Y.; GEBRECHRISTOS, S.; MIKOLAJCZYK, B.; BROWN, H.; PRASAD, R.; VARMA, A.; BUSHLEY, K. E. Transcriptional responses of soybean roots to colonization with the root endophytic fungus Piriformospora indica reveals altered phenylpropanoid and secondary metabolismo. **Scientific Reports,** v. 8, e10227, 2018. doi: https://doi.org/10.1038/s41598-018-26809-3.

[6] BURRAGONI, S. G.; JEON, J. Applications of endophytic microbes in agriculture, biotechnology, medicine, and beyond. **Microbiological Research**, v. 245, e126691. 2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126691.

[7] CUI, R.; LU, X.; CHEN, X.; MALIK, W. A.; WANG, D.; WANG, J.; WANG, S.; GUO, L.; CHEN, C.; WANG, X.; WANG, X.; DAI, M.; YE, W. A novel raffinose biological pathway is observed by symbionts of cotton≡Verticillium dahliae to improve salt tolerance genetically on cotton. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 207, n. 6, p. 956-969, 2021. doi: https://doi.org/10.1111/jac.12556.

[8] DEEPIKA, V. P.; MURALI, T. S.; SATYAMOORTHY, K. Modulation of genetic clusters for synthesis of bioactive molecules in fungal endophytes: a review. **Microbiological Research**, v. 182, p. 125-140, 2016. doi: https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.10.009

[9] FILLAT, Ú.; MARTÍN-SAMPEDRO, R.; IBARRA, D.; MACAYA, D.; MARTÍN, J. A.; EUGENIO, M. E. Potential of the new endophytic fungus Hormonema sp. CECT-13092 for improving processes in lignocellulosic biorefineries: biofuel production and cellulosic pulp manufacture. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 92, n. 5, p. 997-1005, 2017. doi: https://doi.org/10.1002/jctb.5075.

[10] FILLAT, Ú.; MARTÍN-SAMPEDRO, R.; MACAYA-SANZ, D.; MARTÍN, J. A.; MARTÍNEZ, M. J.; EUGENIO, M. E. Screening of eucalyptus wood endophytes for laccase activity. **Process Biochemistry**, v. 51, n. 5, p. 589-598, 2016. doi: https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.02.006.

[11] FOX, E. M.; HOWLETT, B. J. Secondary metabolism: regulation and role in fungal biology. **Current Opinion in Microbiology, v. 11, n. 6, p. 481-487, 2008. doi:** https://doi.org/10.1016/j.mib.2008.10.007.

[12] GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological Research**, v. 169, n. 1, p. 30-39, 2014. doi: https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.009.

[13] GOUDA, S.; DAS, G.; SEM, S. K.; SHIN, H. S.; PATRA, J. K. Endophytes: a treasure house of bioactive compounds of medicinal importance. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1538, 2016. doi: https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01538.

[14] HOFFMAN, M. T.; GUNATILAKA, M. K.; WIJERATNE, K.; GUNATILAKA, L.; ARNOLD, A. Endohyphal bacterium enhances production of indole-3-acetic acid by a foliar fungal endophyte. **PLoS One**, v. 8, e73132, 2013. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073132.

[15] KHAN, A. L.; HUSSAIN, J.; Al-HARRASI, A.; Al-RAWAHI, A.; LEE, I. J. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 35, n. 1, p. 62-74, 2015. doi: https://doi.org/10.3109/07388551.2013.800018.

[16] KOGEL, K-H.; FRANKEN, P.; HÜCKELHOVEN, R. Endophyte or parasite--what decides? **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, n. 4, p. 358-363, 2006. doi: https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.001.

[17] KUMARI, A.; CHAUDHARI, D. R. **Engineered Microbes and Evolving Plastic Bioremediation Technology.** In: VIMAL, C. P.; VIJAI, S. Bioremediation of Polluants. Amesterdã: Elsevier, 2020. p. 417-443. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819025-8.00021-1.

[18] LIND, A. L.; WISECAVER, J. H.; LAMEIRAS, C.; WIEMANN, P.; PALMER, J. M.; LELLER, N. P.; RODRIGUES, F.; GOLDMAN, G. H.; ROKAS, A. Drivers of genetic diversity in secondary metabolic gene clusters within a fungal species**. PLoS Biology**, v. 15, n. 11, e2003583, 2017. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003583.

[19] MACÍAS-RUBALCAVA, M. L.; HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B. E.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; GONZÁLEZ, M. C.; GLENN, A. E.; HANLIN, R. T.; HERNÁNDEZ-ORTEGA, S.; SAUCEDO-GARCÍA, A.; MURIA-GONZÁLEZ, J. M.; ANAYA, A. L. Naphthoquinone spiroketal with allelochemical activity from the newly discovered endophytic fungus Edenia gomezpompae. **Phytochemistry**, v. 69, n. 5, p. 1185-1196, 2008. doi: https://doi.org/ 10.1016/j.phytochem.2007.12.006.

[20] MARTÍN-SAMPEDRO, R.; FILLAT, Ú.; IBARRA, D.; EUGENIO, M. E. Use of new endophytic fungi as pretreatment to enhance enzymatic saccharification of Eucalyptus globulus. **Bioresource Technology**, v. 196, p. 383-390, 2015. doi: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.088.

[21] MARTÍN-SAMPEDRO, R.; LÓPEZ-LINARES, J. C.; FILLAT, Ú.; GEA-IZQUIERDO, G.; IBARRA, D.; CASTRO, E.; EUGENIO, M. E. Endophytic fungi as pretreatment to enhance enzymatic hydrolysis of olive tree pruning. **BioMed Research International**, v. 11, p. 1-10, 2017. doi: http://dx.doi.org/10.1155/2017/9727581.

[22] MEHTA, P., SHARMA, R.; PUTANUNDA, C.; WALIA, A. **Endophytic Fungi: Role in Phosphate Solubilization.** In: SINGH, B. P. (Ed.). Advances in Endophytic Fungal Research: Present Status and Future Challenges. Switzerland: Springer International Publishing, 2019. p. 183-209. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03589-1_9.

[23] OSONO, T. Functional diversity of ligninolytic fungi associated with leaf litter decomposition. **Ecological Research**, v. 35, p. 30-43, 2019. doi: https://doi.org/10.1111/1440-1703.12063.

[24] PHOTITA, W.; LUMYONG, S.; LUMYONG, P.; McKENZIE, E. H. C.; HYDE, K. D. Are some fungi isolated as endophytes of Musa acuminata latent pathogens? **Fungal Diversity**, v. 16, p. 131-140, 2004. doi: https://doi.org/10.1017/S0953756201004968.

[25] PIETERSE, C. M. J.; ZAMIOUSDIS, C.; BERENDSEN, R. L.; WELLER, D. M.; Van WEES, S. C. M.; BAKKER, P. A. H. M. Induced systemic resistance by beneficial microbes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 52, p. 347-375, 2014. doi: https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340.

[26] POVEDA, J. Beneficial effects of microbial volatile organic compounds (MVOCs) in plants. **Applied Soil Ecology,** v. 168, e104118, 2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104118.

[27] POVEDA, J.; EUGUI, D.; ABRIL-URÍAS, P.; VELASCO, P. Endophytic fungi as direct plant growth promoters for sustainable agricultural production. **Symbiosis,** v. 85, p. 1-19, 2021. doi: https://doi.org/10.1007/s13199-021-00789-x.

[28] PRIYADHARSINI, P.; MUTHUKUMAR, T. The root endophytic fungus Curvularia geniculata from Parthenium hysterophorus roots improves plant growth through phosphate solubilization and phytohormone production. **Fungal Ecology**, v. 27, p. 69-77, 2017. doi: https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.02.007.

[29] RAAYMAEKERS, K.; PONET, L.; HOLTAPPELS, D.; BERCKMANS, B.; CAMMUE, B. P. A. Screening for novel biocontrol agents applicable in plant disease management – a review. **Biological Control**, v. 144, e104240, 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104240.

[30] ROBERTS, E.; LINDOW, S. Loline alkaloid production by fungal endophytes of Fescue species select for particular epiphytic bacterial microflora. **The ISME Journal**, v. 8, p. 359-368, 2014. doi: https://doi.org/10.1038/ismej.2013.170.

[31] ROBL, D.; DELABONA, Pd. S.; MERGEL, C. M.; ROJAS, J. D.; COSTA, Pd. S.; PIMENTEL, I. C.; VICENTE, V. A.; CRUZ PRADELLA, J. G. da; PADILLA, G. The capability of endophytic fungi for production of hemicellulases and related enzymes. **BMC Biotechnology**, v. 13, p. 94, 2013. doi: https://doi.org/10.1186/1472-6750-13-94.

[32] SCHULS, B.; BOYLE, C.; DRAEGER, S.; RÖMMERT, A. K.; KROHN, K. Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. **Mycological Research**, v. 106, n. 9, p. 996-1004, 2002. doi: https://doi.org/10.1017/S0953756202006342.

[33] SHWAB, E. K.; KELLER, N. P. Regulation of secondary metabolite production in filamentous ascomycetes**. Mycological Research**, v. 112, n. 2, p. 225-230, 2008. doi: https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.08.021.

[34] SOUSA, A. S. de; OLIVEIRA, G. S. de; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Funcamp**, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021.

[35] STROBEL, G. A.; KNIGHTON, B.; KLUCK, K.; REN, Y.; LIVINGHOUSE, T.; GRIFFIN, M.; SPAKO WICZ, D.; SEARS, J. The production of myco-diesel hydrocarbons and their derivatives by the endophytic fungus Gliocladium roseum (NRRL 50072). **Microbiology**, v. 154, n. 11, p. 3319-3328, 2008. doi: https://doi.org/10.1099/mic.0.2008/022186-0.

[36] TAN, R. X.; ZOU, W. X. Endophytes: a rich source of functional metabolites. **Natural Product Reports,** v. 18, n. 4, p. 448-459, 2001. doi: https://doi.org/10.1039/b100918o.

[37] TRIVEDI, P.; LEACH, J. E.; TRINGE, S. G.; SA, T.; SINGH, B. K. Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, n. 11, p. 607-621, 2020. doi: https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1.

[38] UZMA, F.; MOHAN, C. D.; HASHEM, A.; KONAPPA, N. M.; RANGAPPA, S.; KAMATH, P. V.; SINGH, B. P.; MUDILI, V.; GUPTA, V. K.; SIDDAIAH, C. N.; CHOWDAPPA, S.; ALQARAVI, A. A.; ABD-ALLAH, E. F. Endophytic fungi - alternative sources of cytotoxic compounds: a review. **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, p. 309, 2018. doi: https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00309.

[39] WEN, J.; OKYERE, S. K.; WANG, S.; WANG, J.; XIE, L.; RAN, Y.; HU, Y. Endophytic fungi: an effective alternative source of plant-derived bioactive compounds for pharmacological studies. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 2, p. 205, 2022. doi: https://doi.org/10.3390/jof8020205.

[40] WOLFE, E. R.; BALLHORN, D. J. Do foliar endophytes matter in litter decomposition? **Microorganisms**, v. 8, n. 3, p. 446, 2020. doi: https://doi.org/10.3390/microorganisms8030446.

[41] XIE, W.; HAO, Z.; YU, M.; WU, Z.; ZHAO, A.; LI, J.; ZHANG, X.; CHEN, B. Improved phosphorus nutrition by arbuscular mycorrhizal symbiosis as a key factor facilitating glycyrrhizin and liquiritin accumulation in Glycyrrhiza uralensis. **Plant and Soil**, v. 439, n. 1-2, p. 1-15. doi: https://doi.org/10.1007/s11104-018-3861-9.

[42] YADAV, A. N.; KUMAR, R.; KUMAR, S.; KUMAR, V.; SUGITHA, T.; SINGH, B.; CHAUHAN, V.; DHALIWAL, H. S.; SAXENA, A. K. Beneficial microbiomes: biodiversity and potential biotechnological applications for sustainable agriculture and human health. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, v. 5, n. 6, p. 45-57, 2017. doi: https://doi.org/ http://dx.doi.org/10.7324/JABB.2017.50607.

[43] YANG, H-R.; YUAN, J.; LIU, L-H.; ZHANG, W.; CHEN, F.; DAI, C-C. Endophytic Pseudomonas fluorescens induced sesquiterpenoid accumulation mediated by gibberellic acid and jasmonic acid in Atractylodes macrocephala Koidz plantlets. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v. 138, p. 445-457, 2019. doi: https://doi.org/10.1007/s11240-019-01640-4.

[44] YI, X. U.; GRAY, S. M. Aphids and their transmitted potato viruses: a continuous challenges in potato crops. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 2, p. 367-375, 2020. doi: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62842-X.

Autores

AUTORES

JOSÉ HENRIQUE PORTO SILVEIRA (ORGANIZADOR)

Bacharel e licenciado em Psicologia pela UFMG, Especialização em Percepção e Planejamento Urbano. Mestre em Gestão e Auditoria Ambiental, especialização em educação ambiental. Consultor em percepção e educação ambiental. Sócio diretor da Alternativa Educação e Manejo Ambiental.

ALEXILDA OLIVEIRA DE SOUZA

Possui graduação em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado da Bahia (1993), mestrado em Química pela Universidade Federal da Bahia (1997) e doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Atualmente é professora titular plena da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e atua como docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Química. Tem experiência na área de Química Inorgânica e Físico-Química, atuando principalmente nos seguintes temas: Síntese de novos materiais, catálise, adsorção e química ambiental.

ALINE CÂNDIDA DOS SANTOS

Estudante de Química com Atribuição tecnológica, tem experiência em coleta de amostras e análise de água.

ANA LARA MICK BENEDETTI RODRIGUES

Acadêmica do 3º semestre do Curso da Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria - RS. Acadêmica integrante na Empresa Floresta Jr. pertencente a este curso durante 6 meses em 2022 e 2023. Pesquisadora Bolsista do PROBIC - FAPERGS no Projeto “Artrópodes Epigéicos Como Bioindicadores de Conservação do Solo em Diferentes Tipos de Vegetação.”

ANTÔNIO HERIBERTO DE CASTRO TEIXEIRA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1988), mestrado em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (1993) e doutorado em Ciências Ambientais pela Wageningen University (2008). Trabalhou como pesquisador na Embrapa Semiárido (Petrolina-PE) de 1994 a 2012 com agrometeorologia em diferentes escalas espaciais e temporais; na Embrapa Monitoramento por Satélites de 2013 a 2017 com aplicação de geotecnologias em larga escala e na Embrapa Tabuleiros Costeiros de 2018 a 2019, com aplicação de geoprocessamento em estudos ambientais. Atualmente é professor externo da Universidade Federal de Sergipe, associado ao programa de pós-graduação em Recursos Hídricos - PRORH, onde atua com ensino e orientações sobre aplicações de sensoriamento remoto na agricultura, ecossistemas e recursos hídricos. Tem experiência nas áreas de Agronomia, Meteorologia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, com ênfase em Agrometeorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: balanço de radiação e energia, evapotranspiração, produtividade de água e geotecnologias aplicadas a agricultura, ecossistemas e recursos hídricos.

ANTÔNIO JOSÉ LEAL NINA ROLDÃO

Doutorando em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia – Universidade Federal do Amazonas

ATHER BARBOSA FIGUEIREDO

Mestrando em Educação e Saúde na Amazônia pela Universidade do Estado do Pará (UEPA) Especialista em Saúde Coletiva pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), Cursando Especialização em Educação Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), Especialista em Alimentação Escolar 2018 (UFPA), Especialista em Nutrição Oncológica 2016 (UFPA), Especialista em Microbiologia 2015 (UFPA), Bacharel em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atua na Nutrição Clínica no Hospital Geral de Parauapebas, já atuou na Alimentação Escolar como Responsável Técnico do Departamento de Alimentação Escolar do Município de

AUTORES

Parauapebas-PA, já atuou na área da Alimentação Coletiva para uma prestadora de serviços da mineradora Hidro em Paragominas - PA, atuou como auxiliar de Nutrição no Hospital João de Barros Barreto em Belém-PA e atuou como Copeiro no Hospital Universitário João de Barros Barreto em Belém-PA.

CLÓVIS NORBERTO SAVI

Graduação em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1977), Mestrado em Geologia pela Universidade de Brasília (1980), Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade do Sul de Santa Catarina (1999) e Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (2004). Tem experiência de mais de 20 anos com mineração subterrânea e a céu-aberto atuando no levantamento geológico; caracterização geotécnica de áreas de empréstimo de material argiloso; recuperação de áreas degradadas e fiscalização de obras de recuperação ambiental e de infraestrutura. É docente universitário da Escola Superior de Criciúma – ESUCRI e do Centro Universitário - UniSATC.

DANIELLE IVANA PEREIRA DOS SANTOS

Mestra em Ciências Ambientais – Universidade Federal do Amazonas

DENIZE MONTEIRO DOS ANJOS

Atua como Professora Substituta de Geoprocessamento e Geografia no Instituto de Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus-Patos. Doutoranda em Geografia na UFPB (2021). Licenciada em Geografia, pela Universidade Estadual da Paraíba - (UEPB) em 2022, fez uma análise do impacto da pandemia no ensino fundamental em uma escola da rede municipal de Patos-PB. Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural (2018). Especialista em Geoprocessamento em Análise Ambiental pela UFRN (2018). Tecnóloga em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (2015). Tem experiência na área de Recursos Florestais com ênfase em Ciências Agrárias, atuando principalmente nos seguintes temas: recurso naturais do Semiárido utilizando as ferramentas de Geoprocessamento e técnicas de Sensoriamento Remoto na construção de índices espectrais para detecção do estresse da vegetação e seca agrícola.

DOMINGOS BENEDETTI RODRIGUES.

Pós-Doutor em Direito pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus de Santo Ângelo - RS. Doutor em Educação nas Ciências - Direito pela Universidade Regional Integrada do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. Mestre em Direitos Sociais e Políticas Públicas pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. Graduado em Ciências Jurídicas e Sociais pela Faculdade de Direito de Santo Ângelo - FADISA. Graduado no curso de Licenciatura para o Magistério em Artes Práticas - Habilitação em Técnicas Agrícolas pela Universidade de Ijuí - UNIJUÍ. Na Universidade de Cruz Alta - RS é Professor do Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural e do Curso de Direito. Membro integrante do Grupo de Pesquisas Jurídicas - GPJUR do curso de Direito da UNICRUZ. Pesquisador em temas nacionais e internacionais ligados a sua área de formação. Proprietário da Empresa Verde Vale Consultoria e Assessoria Agroambiental - ME, Advogado Consultor e Assessor em questões ambientais, agrárias, urbanísticas e internacionais. Conferencista.

EDMILSON DUTRA AMORIM

Técnico em Química com experiência na operação do sistema de abastecimento de água, no acompanhamento e preparo de soluções diversas, coletas de amostras, realização de análises, confecção e a assinatura de relatórios mensais, e do sistema de informações de qualidade da água – Siságua.

AUTORES

FABIANA DA COSTA PEREIRA

Doutora. Professora do Curso de Relações Públicas, UFSM/Frederico Westphalen

FABIANY CRUZ GONZAGA

Técnica em Análise Química pelo Instituto Federal da Bahia (2006), possui graduação em Química pela Universidade Federal da Bahia (2010), Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (2013) e Doutorado em Química pela Universidade Federal da Bahia (2018). Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, empreendedora de base tecnológica e Pós-Doutoranda em Inovação Tecnológica pela UFMG (2023). Atua principalmente nos seguintes temas: Inovação em produtos naturais, meio ambiente e alimentos, prospecção tecnológica, empreendedorismo de base tecnológica. Possui formações complementares pela World Intellectual Property Organization em Busca de Informações sobre Patentes, Gestão da Propriedade Intelectual, Elaboração de Patentes e pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual em Propriedade Intelectual em Empresas Tradicionais e de Base Tecnológica. Autora de 2 tecnologias com patentes depositadas e Diretora Executiva da Atta Fruit Alimentos Funcionais - StartUP aprovada no Centelha 2/2023.

FABRISE DE OLIVEIRA MÜLLER

Doutora. Relações Públicas. Prefeitura Municipal de Santa Maria. Santa Maria, RS

FLÁVIA MARIANI BARROS

Possui Graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal do Espírito Santo, Mestrado, Doutorado e Pós Doutorado em Engenharia Agrícola, na área de Recursos Hídricos e Ambientais pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é Professora nos cursos de Engenharia Ambiental e Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde ministra as disciplinas de Meteorologia, Dispersão de Poluentes e disciplinas relacionadas à área de recursos hídricos. Também participa como professora no Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, e no programa de Especialização em Meio Ambiente e desenvolvimento da mesma universidade. Tem experiência na área ambiental, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo e Água, atuando principalmente nos seguintes seguimentos: Qualidade da água e do solo, tratamento e aproveitamento de resíduos, mobilidade de poluentes no solo, dispersão de poluentes no solo e água. É tutora do Programa de Educação Tutorial Institucional (PETI) do curso de Engenharia Ambiental da UESB.

FRANCIMARA SOUZA DA COSTA

Doutora em Ciências Socioambientais - Universidade Federal do Amazonas

GUILHERME SEMPREBOM MELLER

Engenheiro de Minas pelo Centro Universitário UniSATC/SC. Especialista em Engenharia Geoténica pela Faculdade Única/MG e pós-graduado em Georreferenciamento de Imóveis Rurais (Faculdades Unyleya/RJ). Cursou Especialização em Investigação Geoambiental pela UNICAMP-SP. É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (UNESC/SC) e graduado em Engenharia Ambiental (2008) pela mesma instituição. Atualmente é diretor técnico na empresa MS Engenharia, Projetos e Consultoria Ltda atuando no gerenciamento de contratos, engenharia consultiva e direção de equipes técnicas. Tem experiência com desenvolvimento de minas a céu aberto, geotecnia de barragens de mineração, elaboração de planos de lavra programas ambientais, assessoria consultiva em projetos de licenciamento ambiental, além de estudos hidrológicos.

INAJÁ FRANCISCO DE SOUSA

Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (1987), mestrado em Meteorologia Aplicada pela Universidade Federal da Paraíba (1991), doutorado em Recursos

AUTORES

Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2005) e Pós-doutorado em modelagem hidrológica realizado no Instituto de Agricultura Sostenible - IAS/CISC desenvolvido em Córdoba-Espanha (2014). Professor Titular da Universidade Federal de Sergipe, lotado no Departamento de Engenharia Agronômica. Atuou como Coordenador do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos - PRORH durante os anos de 2017 a 2020. Foi Coordenador Adjunto no Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente no ano de 2016. Professor permanente nos Programas de Pós Graduação - PRODEMA e PRORH. Atualmente é coordenador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA/UFS. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agrometeorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem hidrológica em bacia hidrográfica, necessidades hídricas de culturas e modelagem de agricultura irrigada.

JOÃO LUIZ SOUSA CARDOSO

Engenheiro agrônomo pela Universidade Federal Rural da Amazônia campus de Parauapebas, com experiência em gestão de equipes, fitotecnia, pesquisa e docência. Pós-graduando em Docência no Ensino Superior pela Universidade da Amazônia. Atualmente Docente do Ensino Superior da Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia.

JORDANA CRISTINE DIONÍZIO DA SILVA

Possui Graduação em Biomedicina pela Escola Superior da Amazônia (2015). Durante o curso de graduação realizei estágio extracurricular, e fui bolsista de iniciação cientifica (PIBIC) no Instituto Evandro Chagas(IEC) na seção de Bacteriologia e Micologia, vivenciando técnicas laboratoriais para identificação e caracterização de fungos patogênicos. Possuo experiência na área de microbiologia, com ênfase em micologia médica e atuação em laboratório clinico. Atuei como bolsista FIOTEC-FIOCRUZ no Instituto Evandro Chagas no periodo de 2016-2019, Mestra em Microbiologia/Micologia pelo Programa de Biologia Parasitária na Amazônia pela Universidade do Estado do Pará (2019), atuando em laboratório de análises clínicas, presta assessoria científica, acompanha o andamento de exames laboratoriais, correlaciona resultados e assina laudos, atualiza documentação técnico-científica, pesquisa e elabora relatórios (Assessora cientifica na Empresa MB do Brasil). Como docente acumulo experiências no Curso de Biomedicina na Universidade de Santo Amaro (UNISA), docente das disciplinas básicas e especificas do curso técnico em Enfermagem e Estética (SISINOVE).No Presente atuo na A FACULDADE PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL DA AMAZÔNIA - FADESA, como Docente dos Cursos de Odontologia, Nutrição, Enfermagem e Psicologia. Atualmente cursando Gestão da Qualidade em Saúde-Administração Laboratorial; Gestão Hospitalar e Auditoria; MBA executivo em Gestão da Qualidade em Saúde e Acreditação Hospitalar; Gestão em Saúde Hospitalar, Clinica e de postos de saúde (FACEMINAS)

JOSE HENRIQUE MACIEL DE QUEIROZ

Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido (2022) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Especialista em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado (2020) e em Engenharia Geotécnica (2020) pela Faculdade Única de Ipatinga (FUNIP). Graduado em Engenharia Civil (2018) e em Ciência e Tecnologia (2016) pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Foi professor no curso de Engenharia Civil da UFERSA Campus Pau dos Ferros (2019-2020). Atualmente é professor nos cursos de Engenharia Civil e Técnico em Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) Campus Patos.

MAGNA MARIA MACEDO NUNES COSTA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1993), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (1995) e doutorado em Produção Vegetal (Nutrição Mineral de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (2001). Foi docente da Universidade Federal de Roraima (2005-2010) atuando nas áreas de Fisiologia Vegetal e Nutrição Mineral de Plantas. Atualmente é Pesquisadora A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

AUTORES

com lotação no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Campina Grande-PB), atuando nas áreas de Agroecologia e Nutrição Mineral de Plantas.

MARCOS ANDRÉ BRAZ VAZ

Doutor em Zootecnia - Universidade Federal de Santa Catarina

MARCOS RUBEN DE ALMEIDA CALDAS

Mestrando em Ensino de Ciências e Humanidades – Universidade Federal do Amazonas

MILENA OLIVEIRA NERY DE BARROS

Graduanda em Engenharia ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

RAFAEL RODRIGO FERREIRA DE LIMA

Graduado em Agronegócio pelo Centro de Ensino Superior de Maringá, especialista em Gestão da Qualidade e discente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFS)

RAMON BARROS DE OLIVEIRA

Formado em Direito. Tem experiência na administração pública. Atualmente é diretor do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE)

RINALDO BETCHER NETO

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC/SC. Possui especializações em Botânica; Consultoria e Licenciamento ambiental; e Perícia e Auditoria ambiental pela FACUMINAS/MG. Tem experiência com plano de recuperação ambiental de área degradada (PRAD); Levantamento de cobertura vegetal; Levantamentos faunísticos, com ênfase nos grupos: avifauna, mastofauna e herpetofauna. Atua na área de diagnósticos do meio biótico em diversos estudos para fins de licenciamento ambiental.

VINICIUS DA SILVA VIEIRA

Graduando em Engenharia Civil pelo Instituto Federal da Paraíba. Orcid: 0000-0002-9647-3499.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson